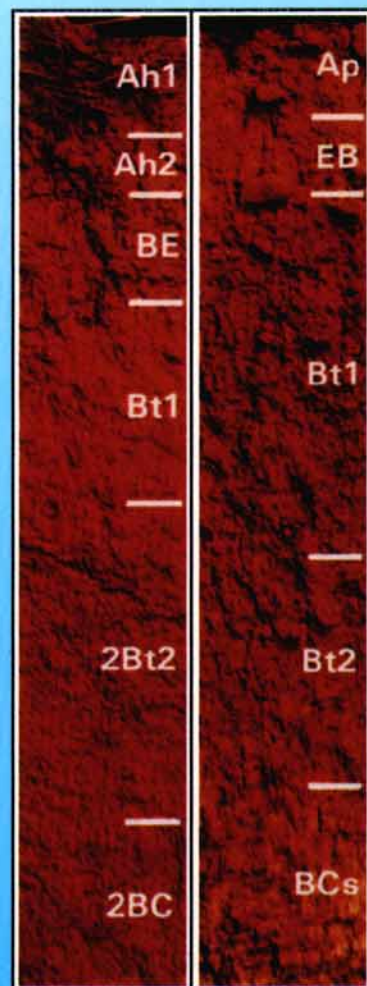




SOLS DE TUNISIE

Bulletin de la Direction des Sols



16

1995

ISSN : 0330-2059

REPUBLIQUE TUNISIENNE

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

SOLS DE TUNISIE

الأترربة التونسية

Bulletin de la Direction des Sols

27^{ème} Année
N° 16 - 1995



LA SALINISATION DES SOLS ET LA GESTION DES EAUX DANS LES OASIS

تطور الملوحة بالأراضي و التصرف في المياه بالواحات



ACTES DE SEMINAIRE ORGANISE A TOZEUR (SUD TUNISIEN)
8 - 9 DECEMBRE 1993

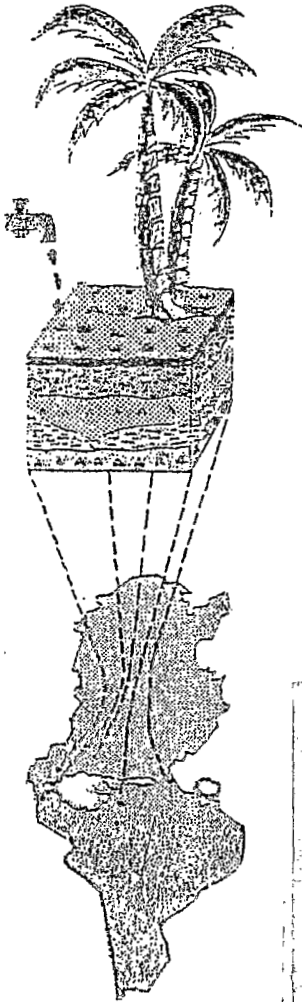


SEMINAIRE

تطور الملوحة بالأراضي والتصرف في المياه بالواحات

LA SALINISATION DES SOLS ET LA GESTION DES EAUX DANS LES OASIS

Tozeur, 8 - 9 DECEMBRE 1993



A C T E S

Edité par :

Direction des Sols

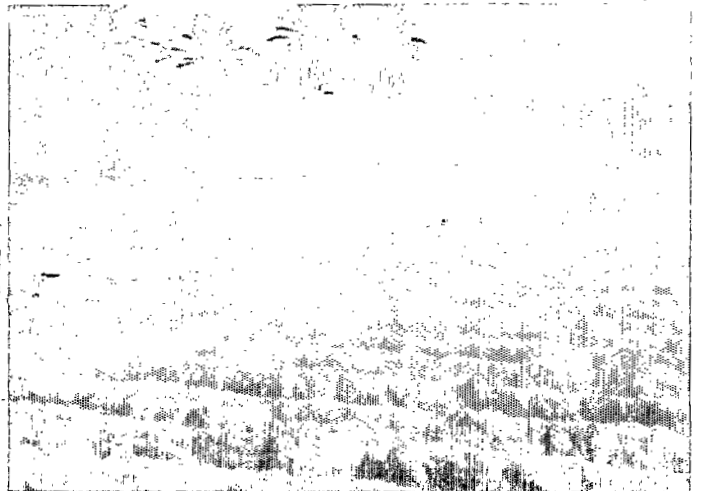
ORSTOM Tunisie

HACHICHA Mohamed

JOB Jean Olivier

MTIMET Amor

ZIDI Chafik



COMMISSION SCIENTIFIQUE

HAMDANE ABDELKADER (DG/G.R.)

MTIMET AMOR (D/SOLS)

HACHICHA MOHAMED (D/SOLS)

JOB JEAN OLIVIER (ORSTOM)

MAMOU AHMED (DG/R.E.)

BOUTITI RAQYA (DG/G.R.)

COORDINATEURS

HACHICHA MOHAMED (D/SOLS)

JOB JEAN OLIVIER (ORSTOM)

COMITE D'ORGANISATION

MTIMET AMOR (D/SOLS)

HACHICHA MOHAMED (D/SOLS)

JOB JEAN OLIVIER (ORSTOM)

ABIDI BRAHIM (CRDA TOZEUR)

تقديم

إنعقد بمدينة توزر (من الجنوب التونسي) سنة 1993 ملتقى حول تطوّر الملوحة بالأراضي والتصرف في المياه بالواحات، وذلك لمزيد التعرف والإحاطة بمشاكل الملوحة والتغدق وأثرهما على مردود المصنول الزراعي. كل ذلك وفقا للتعاون المثمر بين إدارة التربة ومؤسسة أريستوم.

وقد حضر هذه التظاهرة أكثر من 120 مختص من تونس والبلدان العربية والأوروبية للتعاور في النتائج التي وصلوا إليها ضمن تجاربهم العملية في المحيط الجاف.

وفي هذا الإطار أردنا أن يكون العدد الحالي من نشريّة " الأتربة التونسية " مصدر تعميم المعلومة عن هذه التظاهرة المركزة على علاقة التربة بالماء والنباتات. وفي هذا الصدد نجد عمديد التدخلات في كشيير من الإختصاصات التي تظهر أساسا منهجية إندماجية الرؤية في إدارة الوسط الطبيعي والمشاكل التي يجب أخذها بعين الإعتبار في أعمال التطوير والإحياء لنظم الإنتاج بالوسط الواحي.

ع. مطيمط

EDITORIAL

Il s'est tenu à Tozeur (Sud tunisien) en 1993 un séminaire fruit d'une coopération et collaboration féconde entre la Direction des Sols et l'ORSTOM sur la **salinisation des sols et la gestion de l'eau dans les oasis** pour cerner au mieux les problèmes de la salure et de l'hydromorphie et leur impact sur la production agricole. Plus de 120 spécialistes tunisiens, arabes et européens se sont réunis pour présenter et discuter des résultats de travaux en un débat fructueux sur les expériences respectives en milieu aride.

C'est dans ce cadre, pour favoriser l'échange de l'information et contribuer davantage à une meilleure connaissance sur la relation eau, sol, plante en milieu oasien que ce numéro des **Sols de Tunisie** a été consacré à l'édition finale des actes de ce séminaire.

Il contient de nombreuses interventions de différentes disciplines mettant en valeur une fois de plus l'approche multidisciplinaire dans l'analyse et la conception de modèles de gestion du milieu naturel et les problèmes à prendre en compte pour la réhabilitation et la sauvegarde du système de production oasien.

* * * * *

It was held in 1993 in Tozeur (south of Tunisia) a seminar which is the result of cooperation and collaboration between the Soil Department and ORSTOM on the salinisation of soils and the management of water in the oasis to delimit the problems of hydromorphic and salinisation and their impact on the agricultural production. More than 120 specialists tunisians, arabics and europeans were met to present and discuss the results of works in an fruitful debate on the respective experience in arid environment.

In this objective, to favor the exchange of information and contribution for a better knowledge on the relation of between water, soil, plant in that this number of "**Sols de Tunisie**" was consecrate to the final edition of the acts of the seminiar.

It contains a number of intervention of different subject bringing another time an multidiciplinary approach in the analysis and conception of model of the management of naturel environment and the problems considered for rehabilitation and the save of the system production in oasis.

A. Mtimet

SOMMAIRE

	Pages
SOMMAIRE	1
OBJECTIFS	2
MOT D'OUVERTURE (Arabe)	3
MOT D'OUVERTURE (Français)	5
 L'ENVIRONNEMENT OASIEN	
Sociétés et espaces oasiens dans le Sud tunisien. KASSAH A.	7
Incidence de l'exploitation des nappes dans les oasis. MAMOU A.	30
Le paysage oasien: Les sols, l'eau et les sels. JOB J.-O. et ZIDI Ch.	44
 AMENAGEMENT HYDRAULIQUE ET GESTION DES EAUX	
Le Plan Directeur de l'utilisation des Eaux du Sud. Mme BOUTITI R.	48
Analyse et diagnostic de l'irrigation dans l'oasis moderne de Draâ Sud. TOUMI A.	59
Aménagement hydraulique et gestion des eaux dans les oasis de Gafsa. HABBOULA A.	72
 HYDROMORPHIE ET SALINISATION	
Étude des principaux facteurs régissant la qualité des eaux de drainage. KACEM M.	81
Contraintes édaphiques et utilisation des eaux saumâtres. MTIMET A. et PONTANIER R.	91
Surveillance de la salure dans les oasis de Gafsa. BEN MERAI M.	103
Hydromorphie et salure des sols des oasis de Nefzaoua et Gherib. GRIRA M.	108
Evolution de la salinité dans les oasis de Gabès. SAIED A.	109
Economie de l'eau en irrigation par la bonification des sols sableux. BOUSNINA H.	113
 RELATION SOL-NAPPE-AMTOSPHERE	
Mobilisation et gestion des ressources en eau dans les oasis du Djérid. ABIDI A. et KLILA M.	114
Evolution de la piézométrie des nappes dans la Djeffara de Gabès. BEN MARZOUK M.	147
Les nappes phréatiques des oasis de Gafsa. LAHMADI M.	167
 GESTION DE L'EAU ET PRODUCTION AGRICOLE	
Dynamique des sels dans les eaux et les plantes halophytes. REZAGUI M., SEMADI M. et VALLES V.	168
Use of high saline water for irrigation. GILANI A., SHAWA F. and KADORI F.	181
Histoire hydraulique et agricole lutte contre la salification(Egypte). RUF Th.	192
Lutte contre le gaspillage de l'eau dans les oasis tunisiennes. SGHAIËR M.	209
Evolution de la production des dattes dans les oasis du Djérid. CHEBBI M.	219
 AMENAGEMENT ET GESTION DES OASIS: MODELE A PRESCRIRE	
	227
 L'ETUDE DES OASIS TUNISIENNES: ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE	
	232

OBJECTIFS

Face à une pression démographique sans cesse croissante, les Oasis constituent un espace agricole très particulier et de plus en plus sollicité. L'intensification agricole doit passer impérativement par la gestion rationnelle de ces milieux, qui sont très souvent endoréiques. Or elles se trouvent actuellement, de par le drainage déficient, l'extension des surfaces irriguées vers les parties basses du paysage, le nombre élevé de puits illicites et une mauvaise gestion de l'eau, confrontées à de graves problèmes dont ceux d'hydromorphie et de salinisation des sols, qui mettent en cause leur pérennité.

Ce séminaire a pour objectifs de :

- Faire le point des connaissances scientifiques et techniques acquises en Tunisie sur la salinisation des sols et la gestion des eaux.
- Identifier les contraintes hydro-pédologiques actuelles et prévenir les futures, qui entravent une production optimale.
- Identifier les thèmes devant faire l'objet d'études ou de recherches.
- Enfin, proposer des orientations concertées pour gérer durablement ces milieux et préserver leur équilibre.

بسم الله الرحمن الرحيم

حضرة السيد الوالي

حضرة السيد الكاتب العام للجنة التنسيق الحزبي بتوزر

حضرة السيد المندوب الجهوي للتنمية الفلاحية بتوزر

الضيوف الاعزاء، سيداتي سادتي، السلام عليكم

يسعدني أن نجتمع اليوم لبحث موضوع تطور الملوحة بالأراضي المتواجدة بالوحدات للجنوب التونسي وهو موضوع هام ويعتبر من المواضيع التي أولتها الدولة الإهتمام والذمم المادي والبشري لتطوير الفلاحة في هذه الربوع.

واعتبارا أن الأراضي الفلاحية التونسية والتي تبلغ حوالي 4,5 مليون هكتار (أي 26% من المساحة الجملية) فإن الأراضي المتواجدة في المناخ الجاف تبلغ 290,000 6 هكتار إضافة إلى 330,000 3 هكتار مساحات صحراوية وأغلب هذه الأراضي تستعمل مطريا أي أن المساحات السقوية على النطاق الوطني لا تتعدى نسبتها 7% من مجموع الأراضي الفلاحية ورغم هذا فهي تساهم بمقدار 32% من المحصول الجملي الزراعي.

أيها السيدات والسادة

نلتقي اليوم في هذه الظاهرة العلمية والفنية مع إطارات وخبراء وفنيين من تونس (إدارات فنية ومعاهد بحث) وكذلك أخوة وأصدقاء جاؤوا من سوريا والجزائر وفرنسا للتباحث في إشكاليات التنمية الزراعية بهذه الوحدات إنطلاقا من الأرض مصدر كل خير ونمو، وتفاعلها مع الماء والعوامل الثانوية الأخرى للإنتاج.

هذه الأرض أو هذه الثربة هي مرآة لما فوقها ولما تحتمها وخاصة تطور الملوحة وديناميكيتهما وظهور التراكبات الملحية المختلفة وتعد في بعض الجهات بالأطنان وآثارها بالطبع يكون مائقا على الإنتاج ودخل الفلاح، وبالرغم من عامل الملوحة فإن الأسباب الأخرى متعددة وصعبة ومتشابكة :

- ماء ذو ملوحة في بعض الأحيان عالية، مشاكل شبكات الصرف، الإهمال البشري وعدم التحكم في عوامل الإنتاج وخاصة منها الماء ثم التوسع العشوائي حول الواحات. كل هذه المؤشرات تساهم في إنقراض وتدهور خصوبة التربة التي تصبح في آخر مرحلة مسيرة الإستصلاح وتوظف في آخر الأمر للبناء وإلتساع العمراني الجائر على هذه الأراضي الفلاحية والتي تشمده حاليا كل المناطق التونسية.

وقد بادرت إدارة التربة بوزارة الزراعة بالتعاون مع الإدارتين العامتين للهندسة الريفيّة ولموارد المياه ومؤسسة الأرستوم لإضفاء على هذا اللقاء أكثر جدوى وفاعليّة إيماناً من منطلق - العمل الفلاحي والنمووي هو إنمائية لكل الاختصاصات وتكامل لكل الجهودات اعتماداً على البرامج المطروحة في الحقل وبحرص ودعم من عناية وزير الفلاحة السيّد محمد بن رجب.

ومن المنطلق أنّ الواحات المتواجدة في المحيط الجاف والصحراوي تمثل مساحات زراعيّة ذات إنتاجيّة متفاوتة بالنسبة لآهالي هذه المناطق إذ تبلغ حوالي 21 400 هك منها 12 900 هك واحات تقليديّة 8 500 هك واحات جديدة ذات صبغة تجاريّة وبيّان عدد النخيل 2 847,000 نخلة (%57 ما يعادل 651,000 نخلة دقلة نور) فقد شهدت في السنين الأخيرة تطوراً ملحوظاً من ناحية التجهيز والإستصلاح وأن المشروع الرائد لمخطط مياه الجنوب الذي إنطلق منذ العشريّة السابقة جاء لتدارك بعض النقائص والمشاكل التي تعاني منها الواحات من المياه المستغلة وتخينة مائيّة وقنوات ربيّ وصرف فاعطى دفعا جديدا لهذا الفضاء الفلاحي وخلق مساحات جديدة مثل ابن شباط، وحزوة رجم معتوق.

وبعد قطاع الثمرور في الإنتاج الوطني ذو أهميّة كبيرة بالنسبة لصادراتنا إذ أنه في سنة 1992 وصل الإنتاج الخام 75 500 طنا كانت 40 000 منه دقلة نور، وقد لوحظ نقص بالنسبة لسنة 1991 ب 6% وكان معدل الإنتاج للنخلة الواحدة 30 كلف في ولاية توزر و 37 كلف في ولاية قبلي من دقلة نور.

وتبقى الولايات الساحليّة والشبه الساحليّة ذو نخيل ينتج أساسا أنواعا متفرقة من البلح والرطب وتكون الخضراوات والأشجار المثمرة هي المسيطرة في هذه الواحات.

سنستمع خلال اليومين إلى حوالي 20 محاضرة تعالج أساسا المحاور الخمس التالية :

- (1) المحيط الواحي
- (2) التهيئة المائيّة وإدارة المياه
- (3) تطوّر الملوحة مع مستويات المائدة المائيّة
- (4) علاقة التربة بالماء الجوفي بالهواء
- (5) التصرف في المياه والإنتاج

وتختتم المحادثات بنقاش عام ثم بتوصيات نأمل أن تكون إيجابية وفعالة للواحات الثونسيّة وتراعى فيها كلّ الجوانب لوضع خطة عمل مستقبلية.

شكرا لكم على الإنتباه ومرة أخرى إقامة طيبة بولاية توزر والسلام عليكم ورحمة الله وبركاته.

عمر مطيمط

مدير إدارة التربة

Monsieur le Gouverneur

Monsieur le Secrétaire Général du Comité de Coordination du Parti de Tozeur.

Monsieur le Commissaire Régional au Développement Agricole de Tozeur.

Honorables Invités, Mesdames, Messieurs,

Je suis heureux de vous rencontrer aujourd'hui pour traiter un thème fort intéressant, celui de l'évolution de la salinité des terres occupées par les oasis du sud Tunisien. Le problème est considéré parmi les sujets auxquels l'état accorde une attention particulière et un encouragement matériel et humain, dans le but de dynamiser une évolution de l'agriculture dans ces régions présahariennes.

Si on considère que les terres agricoles tunisiennes sont estimées à environ 4,5 millions d'hectares (26% de la surface totale des terres). Les terres existantes sous un climat aride et les terres sahariennes couvrent respectivement 6.290.000 hectares et 3.300.000 hectares. La majorité de ces terres sont utilisées en système pluvial, les surfaces irriguées à l'échelle nationale ne dépassant pas 7% de la totalité des terres agricoles. Malgré cela, ces terres représentent 32% de la production globale agricole.

On considère également que les oasis existantes sous un climat aride et saharien représentent des surfaces agricoles à productivités inégales et couvrent 21.400 hectares de superficies, sachant que les oasis traditionnelles ont une superficie de 12.900 hectares et les oasis modernes atteignent une superficie de 8.500 hectare. Celles ci sont à aspect plutôt commercial. On compte 2.847.000 palmiers dattiers (57% soit 1.651.000 dattiers sont de type Ennour).

On constate également que durant les dernières années il y a eu une évolution notable concernant l'équipement et la réhabilitation de l'espace oasien du Sud tunisien. Par ailleurs, le projet prioritaire relatif du schéma directeur des eaux du Sud, exécuté depuis une décennie, vient compléter certaines carences ainsi que les problèmes dont souffrent les oasis et ceci concernant les ressources hydrauliques, les aménagements et les canalisations des eaux de drainage, ce qui a donné un nouveau souffle à la production agricole et a été à l'origine de nouvelles créations (comme Ibn Chabat, Hazoua et Régim Maâtoug).

De nos jours, le secteur des dattes est d'une grande importance dans le cadre des exportations. En effet, en 1992 la production brute a atteint 75.500 tonnes, dont 40.000 type datte Ennour, la production est moindre de 6% par rapport 1991. Il est constaté que la moyenne de production de datte Ennour pour un dattier est de 30 kg pour le Gouvernorat de Kébili.

Pour les zones côtières et les régions avoisinantes (qui renferment des variétés de dattier produisant des dattes de qualité moindre), ce sont plutôt les arbres fruitiers et les légumes qui dominent dans ces oasis.

Mesdames et Messieurs

On est réuni dans le cadre de cette manifestation scientifique et technique avec la contribution de cadres, experts et techniciens tunisiens (Directions techniques et Instituts de recherches), ainsi que nos frères et amis de Syrie, d'Algérie de France, pour aboutir ensemble à des solutions et discuter des problèmes auxquels s'affrontent la production agricole dans les oasis, en se basant sur le fait que la terre est la source de tous les biens et du développement.

Une salinité excessive du sol constitue un handicap pour la production et le revenu de l'agriculteur. A côté de ce problème d'autres existent telles que les eaux à salinité élevée, les problèmes des réseaux de drainage, la négligence de l'homme et le manque de contrôle de facteurs de production.

Tous ces facteurs entraînent une dégradation des terres, qui finissent par être stériles et utilisées pour l'extension urbaine anarchique, c'est ce qui est entrain de se passer dans nombreuses régions tunisiennes.

La Direction des Sols a pris l'initiative de coopérer avec les deux Directions Générales de Génie Rural et des Ressources en Eau d'une part, et l'ORSTOM d'autre part, afin de réaliser ce séminaire pour trouver des solutions adéquates à des problèmes qui nécessitent la collaboration de tous les spécialités et la complémentarité des efforts de la part de tous les intervenants pour atteindre les objectifs tracés par les divers programmes et appuyés par Monsieur le Ministre de l'Agriculture, Monsieur MOHAMED BEN REJEB qui ne cesse d'encourager les travaux de terrain et les différentes réalisations des actions de développement.

Nous allons assister à environ 20 Communications qui traitent les cinq thèmes suivants :

- 1- L'ENVIRONNEMENT OASIEN
- 2- AMENAGEMENT HYDRAULIQUE ET GESTION DES EAUX
- 3- HYDROMORPHIE ET SALINISATION DES SOLS
- 4- RELATION SOL - NAPPE - ATMOSPHERE
- 5- GESTION DE L'EAU ET PRODUCTION AGRICOLE

Nous terminerons les communications par des discussions générales et des recommandations autour d'une table ronde, que nous souhaiterons positives et pratiques par les oasis tunisiennes.

Merci pour votre attention et encore une fois Bon Séjour dans le Gouvernorat de TOZEUR.

Amor MTIMET

Directeur des Sols

L'ENVIRONNEMENT OASIEN

SOCIÉTÉ ET ESPACES OASIENS DANS LE SUD TUNISIEN: MUTATIONS, AMÉNAGEMENT ET PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT

KASSAH Abdelfettah (*)

(*): Faculté des Lettres de La Manouba, Université de Tunis.

Résumé: Les oasis Tunisiennes, qui couvrent environ 25.000 ha, connaissent depuis le début des années 80, des mutations sociales, économiques et spatiales, sans égal à travers l'histoire. Les interventions de l'Etat, réalisées dans le cadre du Plan Directeur des eaux du Sud, ont été à l'origine de ces mutations accélérées. L'aménagement hydro-agricole des espaces oasiens regroupe deux types d'actions :

- La rénovation des anciennes oasis;
- La mise en valeur de nouveaux périmètres.

Plus d'une décennie s'est déjà écoulée depuis le lancement des programmes de rénovation et de mise en valeur, les résultats sont inégaux et les pratiques paysannes ne correspondent pas toujours aux objectifs fixés. Après une présentation rapide des mutations récentes des sociétés et espaces oasiens, du contexte dans lequel s'intègre la stratégie de l'Etat, nous avons tenté de dresser un premier bilan de ces interventions. Il s'agit de la fois d'identifier les atouts et contraintes au développement, les acquis en matière d'aménagement hydro-agricole, ainsi que de mieux préparer l'avenir des sociétés et espaces oasiens concernés.

Introduction

Les oasis constituent des points minuscules dans l'immensité des espaces désertiques, arides et semi-arides. Mais ces points de vie intense ont eu à travers l'histoire et continuent d'avoir des fonctions multiples et importantes : lieux de production agricole, lieux habités ou fréquentés plus ou moins régulièrement, escales sur les routes du grand commerce caravanier transsaharien, lieux d'échanges commerciaux et culturels, ainsi que lieux stratégiques permettant de maintenir des populations sédentarisées aux confins des frontières.

En zone aride et semi-aride, les oasis demeurent les meilleures formes de mise en valeur d'un espace à fortes contraintes. Elles représentent des créations humaines fragiles dans un milieu hostile, l'arrêt de leur entretien, de leur irrigation et de leur protection, entraîne inéluctablement leur disparition. C'est ainsi que l'oasis est un écosystème vivant qui peut agoniser et mourir si les conditions de sa survie ne sont pas remplies. De même il peut s'épanouir et s'étendre s'il trouve des conditions favorables à son développement. L'oasis ne peut se passer de la présence de l'homme et de ses soins multiples qu'il doit lui apporter. Mais la présence de l'homme peut aussi s'avérer dangereuse pour l'environnement oasien.

Les Sociétés oasiennes constituent des communautés nettement marquées par les défis que pose la vie en milieu aride, en particulier l'impératif d'utiliser au mieux une eau rare et précieuse. Les oasis qui représentent des espaces relativement riches dans des immensités arides et à faibles potentialités, ont constitué des espaces convoités, des lieux de conflits ou des bases d'appui pour de nouveaux départs et de nouvelles conquêtes. Les sociétés oasiennes représentent de ce fait de véritables mosaïques humaines et les rapports sociaux y sont d'une très grande complexité.

Les oasis tunisiennes qui couvrent environ 25.000 ha, ne diffèrent guère dans leurs traits généraux des oasis à palmier dattier qui se répartissent sur l'ensemble du domaine aride et semi aride et qui couvrent environ 800.000 ha. Cependant, dans le détail, chaque oasis est nettement différenciée, originale et exceptionnelle à bien des égards. En effet, chaque oasis constitue l'interférence d'un grand nombre de facteurs tant humains que physiques, conférant à l'ensemble sa spécificité et son originalité. Aucune combinaison n'a de semblable sur la planète. Les oasis représentent de ce fait des individus nettement différenciés, dans le temps et dans l'espace.

Les oasis tunisiennes connaissent depuis le début des années 80, des mutations sociales, économiques et spatiales, sans égal à travers l'histoire. Les interventions de l'Etat, réalisées dans le cadre du Plan Directeur des Eaux du Sud (P.D.E.S.), ont été à l'origine de ces mutations accélérées. L'aménagement hydro-agricole des espaces oasiens regroupe des actions de rénovation des anciennes oasis et la mise en valeur de nouveaux périmètres. Plus d'une décennie s'est déjà écoulée depuis le démarrage des actions de rénovation et de mise en valeur. Un premier bilan de ces actions s'impose en vue d'identifier les atouts et contraintes au développement, cerner les acquis en matière d'aménagement hydro-agricole et préparer l'avenir des sociétés oasiennes.

Avant d'analyser les mutations en cours des sociétés et espaces oasiens et l'impact de la stratégie étatique d'aménagement hydro-agricole, il importe d'aborder certains problèmes d'ordre méthodologique à savoir la définition de l'oasis et les critères de classification des espaces oasiens. Nous tâcherons ensuite de dresser un bilan préliminaire des évolutions en cours et leurs effets escomptés sur le développement des sociétés et espaces oasiens concernés ainsi que l'ensemble de la Tunisie pré-saharienne.

Les oasis tunisiennes: problèmes de définition, de délimitation et de classification

L'oasis: essai de définition. Le terme oasis est d'origine égyptienne. Il est passé tel que par le biais du grec dans les langues européennes. Il a été également conservé en arabes : *ouaha*. Nous devons à Hérodote la description de la plus ancienne et de la plus grande oasis dans le monde: l'Egypte. L'oasis est caractérisée en premier lieu par le contraste entre la verdure et l'exubérance de la vie végétale due à la présence de l'eau, et son environnement aride ou semi aride. C'est ce contraste qui fait des oasis, malgré leur étendue relativement restreinte, des espaces bien individualisés, riches et convoités, qu'il était vital de bien repérer, sinon de contrôler 1. C'est ce même contraste qui fait de l'oasis, au sens figuré, un lieu ou un moment reposant, ou d'une manière générale une chose agréable dans un milieu hostile ou une situation pénible 2. Le mot oasis demeure fortement imagé et métaphorique évoquant les îlots de verdure pittoresques au milieu du désert, les paysages exotiques, le commerce caravanier transsaharien, les formes d'organisation sociale structurées autour des systèmes hydrauliques, les traditions et cultures propres à des populations sédentaires de longue date. Au delà de cette dimension socio-culturelle, à connotation folklorique, l'oasis demeure avant tout un espace agricole irrigué, situé dans un domaine aride ou semi-aride, où l'agriculture en sec est pratiquement impossible, avec un système de production hautement productif, sous forme de petits jardins intensément cultivés, portant des arbres à différentes hauteurs, dont principalement mais pas obligatoirement le palmier dattier, et des cultures saisonnières intercalaires 3.

Délimitation des espaces oasiens: C'est de cette définition largement acceptée que découle une deuxième difficulté, celle de délimiter les espaces oasiens. En général, il est aisé de distinguer les oasis sur les images satellites, photographies aériennes et cartes topographiques à grande échelle, par le contraste qu'elles présentent à l'égard des espaces environnants. Cependant il est moins facile de trancher sur la nature des espaces intermédiaires et les paysages transitoires particulièrement en Tunisie pré-saharienne. En effet l'île de Jerba, appelée parfois "île oasis", présente des paysages oasiens : étagement de la végétation, présence du palmiers, irrigation dans certains secteurs, mais les cultures en sec demeurent possibles et l'irrigation n'est ni généralisée ni régulière. Il en est de même dans la presqu'île de Zarzis. Dans la plaine de la Jeffara, certains secteurs localisés derrière les jessours et irrigués occasionnellement par les eaux de ruissellement présentent l'aspect typique des oasis. Cependant ces espaces diffus et de faibles tailles ne peuvent être assimilés à des oasis compte tenu du type d'irrigation, en fait un ruissellement dirigé à caractère aléatoire, ainsi que de la faible intensité des systèmes de culture.

Aux confins des grandes palmeraies et parfois même au coeur du grand erg, se rencontrent de petits bouquets de palmiers nés à la faveur de résurgences naturelles de faible débit, aujourd'hui complètement tariés. Ces petites palmeraies, ou "dzira", littéralement îlots, sont particulièrement nombreuses au Nefzaoua, où elles sont en cours d'assèchement progressif et d'ensablement. Elles continuent toutefois de présenter des caractères propres aux espaces oasiens, en particulier la présence du palmier et le contraste avec le milieu environnant.

A proximité du golfe de Gabès, se rencontrent des périmètres irrigués, consacrés à des cultures annuelles, particulièrement fourragères (cas du périmètre de Chentou entre Gabès et El Hamma). Les systèmes de production y sont moins productifs que dans les oasis, ils ne présentent pas moins des formes remarquables d'intensification agricole dans des zones arides ou semi-aride. De même les oasis de Gafsa, se caractérisent par la prédominance de l'olivier, dans l'occupation de l'espace ainsi que dans les revenus agricoles. Le palmier ne constitue donc nullement la condition nécessaire à l'existence de l'oasis.

Ainsi dans le détail les oasis tunisiennes offrent une très grande diversité de situations, relatives aux contraintes du milieu physique environnant, aux disponibilités des ressources en eau et à l'usage dont elles font l'objet. Les conditions sociales, économiques et culturelles dans lesquelles elles ont évolué, sont également importantes et déterminent dans une large part les caractères propres à chaque oasis. C'est cette diversité et hétérogénéité des espaces oasiens qui expliquent les lacunes et contradictions dans les statistiques relatives aux oasis. Il faut ajouter à ces raisons, les extensions privées, qui sont particulièrement nombreuses au Nefzaoua. Elles sont considérées comme illicites, donc illégales. La dispersion géographique de ces nouvelles extensions, rend délicate et difficile toute tentative de cerner avec précision leur réelle emprise spatiale. Mais comme elles ne sont pas reconnues par l'administration, elles ne sont pas comptabilisées malgré leur grande extension qui dépasse 3.000 ha

Une inégale répartition spatiale: Ce n'est qu'en 1976, avec la réalisation de la première enquête oasis, que l'extension des oasis commença à être mieux cernée. IL n'en demeure pas moins que les statistiques relatives aux palmeraies et aux oasis restent entachées de beaucoup d'imprécisions dues aux multiples facteurs que nous avons déjà expliqués. L'aspect dense des palmeraies, leur progression continue, l'existence de paysages intermédiaires et de transition entre l'oasis et l'arboriculture en sec d'une part, l'oasis et le périmètre irrigué de l'autre, rendent difficiles toute tentative de cerner avec une très grande précision l'étendue réelle des espaces oasiens.

Au delà de ces lacunes et imperfections statistiques, que nous avons essayé de combler en utilisant différentes sources, les espaces oasiens de la Tunisie méridionale s'étendent aujourd'hui sur près de 30.000 ha, soit 10 % des oasis du Maghreb. Elles se répartissent inégalement dans toute la Tunisie méridionale (Tableau 1).

Tableau 1 : Les oasis tunisiennes, répartition géographique et effectifs palmicoles.

Gouvernorats	Superficies (ha)	%	Effectifs palmiers	%
GAFSA	4500	16	205000	6
TOZEUR	8008	28	1270000	39
KEBILI	10300	36	1391000	43
GABES	5000	17	343000	11
MEDENINE	600	2	40000	1
TATAOUINE	200	1	7000	0
TOTAL	28600	100	3256000	100

Source: Elaboration personnelle à partir de différentes sources.

Le palmier dattier demeure pour la plupart des oasis tunisienne, la principale source de revenus et de richesses. Avec moins de 3,5 millions de palmiers, soit 15 % de l'effectif palmicole maghrébin, la Tunisie est déjà premier exportateur de dattes au Maghreb. Depuis 1987, la Tunisie est premier exportateur mondial de dattes par la valeur de ses exportations. Les dattes occupent le troisième rang dans les produits agro-alimentaires exportés par la Tunisie, après l'huile d'olive et les produits de la pêche et avant les agrumes et le vin.

Cette importance hégémonique de la datté dans l'économie oasienne est le résultat d'une évolution historique qui s'est particulièrement accélérée à l'époque coloniale. En effet, durant des siècles, les oasis tunisiennes se sont limitées à de faibles étendues. Les techniques d'exhaure de l'eau ont peu évolué à travers les âges : sources jaillissantes aux

endroits où les nappes profondes affleuraient à l'air libre et galeries drainantes ou foggaras, destinées à capter les eaux plus profondes et les acheminer vers des terres irrigables. Ces techniques, rudimentaires soient-elles, ne manquaient pas d'ingéniosité et exigeaient effort humain et persévérance pour pouvoir bénéficier en permanence de cette source de vie et de richesse qu'est l'eau. Les débits exhaérés étaient cependant faibles et les superficies irrigables étaient limitées.

L'introduction de la technique du forage bouleversa les conditions de production et reproduction des espaces oasiens dans le sud tunisien. En effet, en 1885, fût creusé à oued el Maleh, près de Gabès, le premier forage artésien. Les autorités coloniales multiplièrent par la suite les forages artésiens dans toute la Tunisie méridionale en vue d'accélérer la sédentarisation des nomades et semi-nomade et mieux contrôler ce vaste espace. L'exploitation de nouvelles ressources en eau a permis la création de nouvelles oasis au profit de nomades et semi-nomades, ou de colons et sociétés coloniales. Le forage devenait ainsi un facteur décisif dans la politique de pénétration coloniale et de mise en valeur agricole.

La création de nouvelles oasis a consacré l'émergence d'une enclave dattière capitaliste tournée vers l'exportation et l'hégémonie croissante d'une seule variété de datté : la deglet-nour (D.N). Désormais s'installe et perdure une dichotomie croissante entre : d'une part des oasis anciennes ou traditionnelles, irriguée par des sources ou des foggaras et intégrées à une économie d'auto-subsistance et de troc, d'autre part des oasis nouvelles ou modernes irriguées à partir de forages et intégrées dans les circuits d'une économie marchande et monétaire (A. KASSAH 1989).

L'indépendance politique de la Tunisie va encore accentuer cette dichotomie entre les deux types d'oasis et affirmer les tendances de l'époque coloniale. Le tableau actuel des oasis tunisiennes est le résultat de cette longue évolution historique.

Classification des oasis tunisiennes: Plusieurs types de classification des oasis tunisiennes sont possibles. Une classification agro-climatique permet de distinguer entre oasis littorales (Gabès Mareth et El Hamma), oasis continentales (Jérid et Nefzaoua), et oasis de montagne ou plus précisément de piémont (Gafsa, El Guettar, Chebika et Tameghza). Cette classification met l'accent sur les conditions physiques qui influent directement sur la nature des productions agricoles et leur répartition géographique. Ainsi l'olivier prédomine dans les oasis de montagne. La deglet-nour n'est possible que dans les oasis continentales. La faible valeur marchande des dattes des palmeraies littorales, oriente l'effort des producteurs vers des spéculations plus rentables et qui s'adaptent mieux aux conditions agro-climatiques locales : henné, grenadier, cultures fourragères et maraîchères.

La dimension économique est privilégiée dans les classifications adoptées par les agro-économistes. L'approche systémique appliquée aux oasis tunisiennes a permis à trois chercheurs de l'INAT d'analyser les rapports de production et la classification des systèmes de production oasiens. M.S. BACHTA a étudié les interactions entre les systèmes de production et l'emploi dans une oasis du Jérid, Nefta. A. KHALIFA a essayé d'identifier et d'analyser les systèmes de production dans les oasis littorales de Gabès. M. SGHAIER a appliqué la même approche méthodologique aux oasis du Nefzaoua. Malgré l'affinement continu de la méthode, les classifications obtenues ne donnent pas entière satisfaction. La grande complexité de la réalité oasienne, l'hétérogénéité des situations ainsi que le grand nombre de variables qui doivent être prises en compte, rendent délicates les tentatives de modélisation et de classification systémique. Les recherches en cours donneront peut-être de meilleurs résultats.

Un autre type de classification des oasis tunisiennes reste valable et se complète avec les autres approches typologiques, il s'agit de la classification historique. Celle-ci permet de distinguer trois types d'oasis.

- Des oasis anciennes, appelées parfois traditionnelles. Elles correspondent aux espaces oasiens qui étaient irrigués à partir de sources ou foggaras (à El Guettar et dans le presqu'île de Kébili). Leur reproduction se faisait progressivement en fonction des disponibilités en eau, par le creusement de nouvelles sources ou galeries drainantes. Les faibles ressources en eau obligeaient à une occupation intensive des parcelles : les trois étages classiques: palmiers, arbres fruitiers et cultures annuelles ou pluri-annuelles. De même les impératifs d'une économie vivrière imposaient la diversification des cultures et des productions

agricoles. Le renouvellement des palmeraies se faisait progressivement et s'étendait sur des générations entières.

- Des oasis nouvelles, appelées parfois modernes. Leur création a commencé avec l'introduction de la technique du forage. Elles se distinguent par l'alignement des arbres, l'organisation rectiligne des réseaux d'irrigation et de drainage et un parcellaire géométrique. Ces caractéristiques n'étaient possible qu'à partir du moment où leur localisation n'était plus liée aux émergences naturelles. La création de ces oasis a commencé au début du vingtième siècle. De ce fait il existe plusieurs générations d'oasis modernes. Les premières d'entre elles ressemblent déjà par certains aspects aux oasis anciennes comme c'est le cas de Bazma et de Douz dans le Nefzaoua. La structure foncière est d'autant plus compliquée que le périmètre est ancien.

- Les nouvelles créations. Les palmiers n'entrent en production qu'entre cinq à dix ans et n'atteignent leur rythme de croisière qu'après 20 ans. Pour cette raison, toutes les oasis créées depuis moins de 20 ans peuvent être considérées comme de nouvelles créations. Elles sont de deux types : projets étatiques créés dans le cadre du P.D.E.S. depuis 1980, et extensions privées.

Les mutations rapides et récentes des oasis tunisiennes

Importance accrue des oasis continentales et hégémonie croissante de la D.N.: Le mouvement de création d'oasis s'est intensifié depuis le début des années 80. L'expansion rapide des espaces oasiens a particulièrement profité au Jerid et Nefzaoua. De même dans la zone de Segdoud, au sud de la chaîne de Gafsa, s'observe un développement rapide des palmeraies. C'est dans la Tunisie du Sud-Ouest que les conditions agro-climatiques sont favorables à la plantation des Deglet-Nour. Les oasis continentales ont désormais une importance spatiale et économique plus grandes que les oasis littorales (figure 1). En effet, si nous comparons les résultats de la première enquête oasis réalisée en 1976 avec les données statistiques les plus récentes, recueillies auprès des différentes administrations et complétées par des enquêtes de terrain, nous constatons l'importance croissante des palmiers deglet et des oasis continentales du Sud Ouest. (tableau 2).

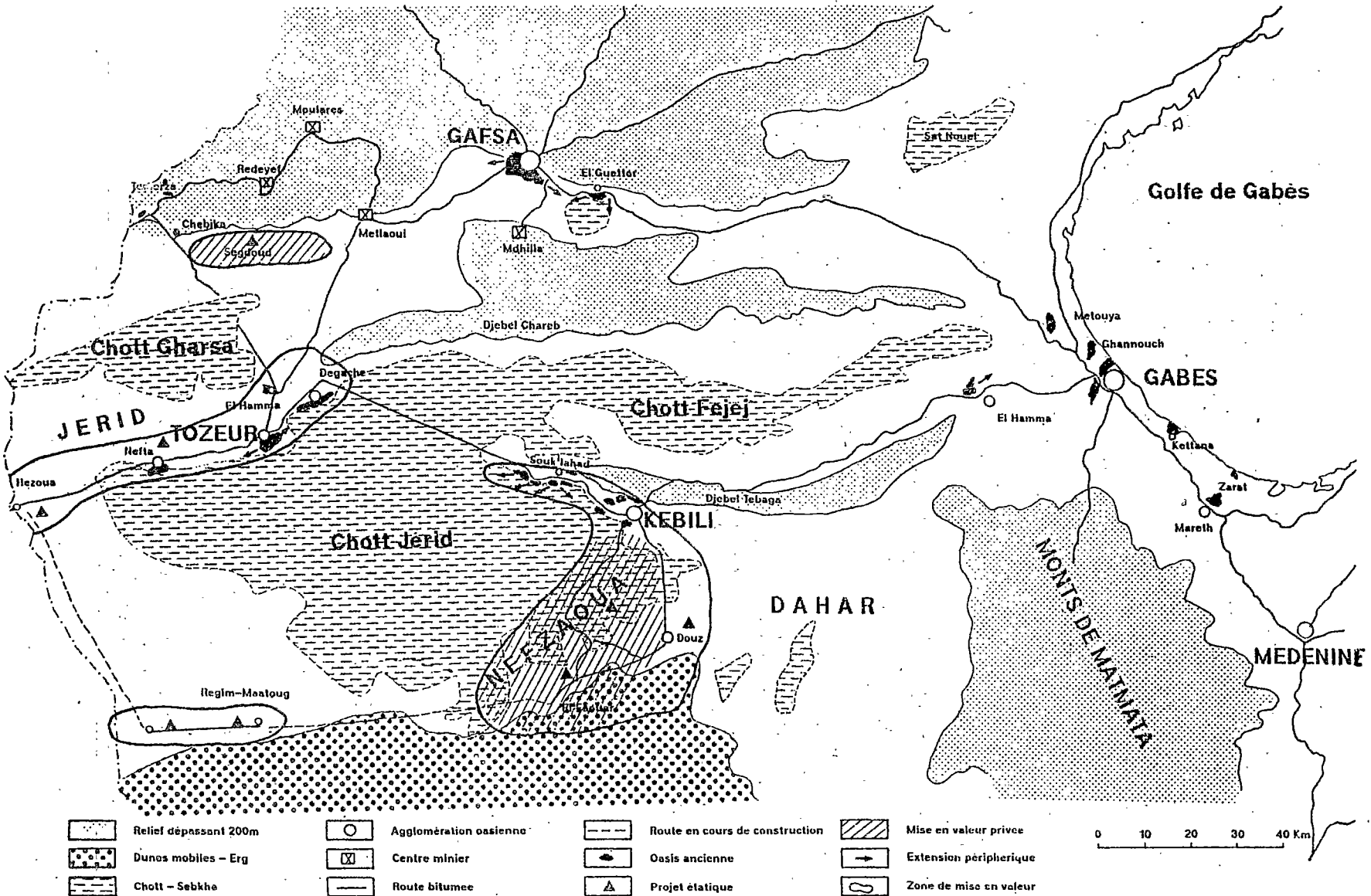
Tableau 2 : Evolution des effectifs palmicoles en Tunisie entre 1976 et 1993.

Année	1976					1993				
	D.N.	V.C.	TOTAL	%	% D.N	D.N.	V.C.	TOTAL	%	% D.N
GAFSA	21	68	89	4	2	118	87	205	6	57
TOZEUR	532	441	973	44	53	770	500	1270	39	60
KEBILI	450	327	777	35	45	962	429	1391	43	69
GABES	2	342	344	1	0	2	341	343	11	0
MEDNINE	0	40	40	2	0	0	41	41	1	0
TATAOUINE	0	6	6	0	0	0	6	6	0	0
TOTAL	1005	1224	2229	100	45	1852	1404	3256	100	57

Source : * Enquête oasis ** Elaboration personnelle
D.N.: deglet-nour, V.C.: variétés communes

Pour toute la Tunisie méridionale, la part des palmiers deglet est passée de 45 % de l'effectif palmicole total en 1976 à 57 % en 1993. Les palmiers D.N. ont augmenté de 84 %, alors que les palmiers de variétés communes, n'ont augmenté que 14 %. Dans les oasis de Gabès, l'effectif palmicole a même régressé, à cause de l'urbanisation qui s'est faite en partie au dépens de l'oasis. Cette prépondérance croissante des oasis continentales est récente. En effet c'est dans le Sud-Ouest tunisien que se localise l'essentiel des nouvelles créations et projets de mise en valeur étatiques et privés (tableau 3).

Fig. 1: Les oasis tunisiennes : répartition géographique et dynamique spatiale



au système hydraulique toute son originalité. Chaque m'koula qui était la propriété d'un groupe social desservait un segment de l'oasis. Une autonomie de gestion était assurée au niveau de chaque segment. Le curage, l'entretien, ou si nécessaire la création d'une nouvelle m'koula, relevaient de la seule décision du groupe concerné. L'eau était gratuite et son coût d'exploitation se réduisait à l'investissement travail indispensable au curage et entretien annuel du réseau d'irrigation constitué de la m'koula et des seguias principales.

Avec l'indépendance et la création du premier forage en 1957, le débit des m'koula commença à baisser. Les inondations catastrophiques de 1969 ont été fatales pour l'ancien système hydraulique qui a cessé de fonctionner. La création de nouveaux forages a permis de réduire le déficit en eau sans toutefois le combler. L'oasis d'El Guettar traversa donc une période difficile caractérisée par des interventions ponctuelles qui n'ont pas réussi à lui rendre sa vitalité. Le projet de rénovation appliqué à partir de 1988 constitue donc une nouvelle chance pour l'oasis et la société d'El Guettar.

Quatre forages furent équipés, 30 km de seguias bétonnés construits, 3 km de pistes aménagés. Le débit d'irrigation disponible pour chaque exploitation a augmenté. Cependant l'eau est désormais plus chère et les agriculteurs doivent la payer 1.850 millimes l'heure pour pouvoir en bénéficier. Certes le prix du m³ est relativement faible (22 millimes) alors qu'il est de 32 millimes dans la moyenne vallée de la Medjerda et 59 millimes au Sahel de Sousse, mais les guettarias qui ont été toujours des irriguants et habitués à une eau gratuite trouvent de grandes difficultés à s'adapter à la nouvelle situation. La plus grande difficulté réside en réalité dans l'inadaptation du nouveau système hydraulique aux structures agraires fort complexes héritées du passé.

En effet l'oasis est répartie en 2540 parcelles. La taille moyenne de chaque parcelle est de l'ordre de 0,18 ha. Les petites parcelles en co-propriété et ne dépassant pas 0,25 ha sont au nombre de 669 parcelles et couvrent 61 ha, soit 13% de la superficie de l'oasis. Seulement 8 parcelles dépassent 2 ha. Le morcellement et le partage des propriétés, appliqués de génération en génération rendent inextricable la situation foncière. Un groupe de palmiers peut être la propriété de plusieurs personnes à la fois.

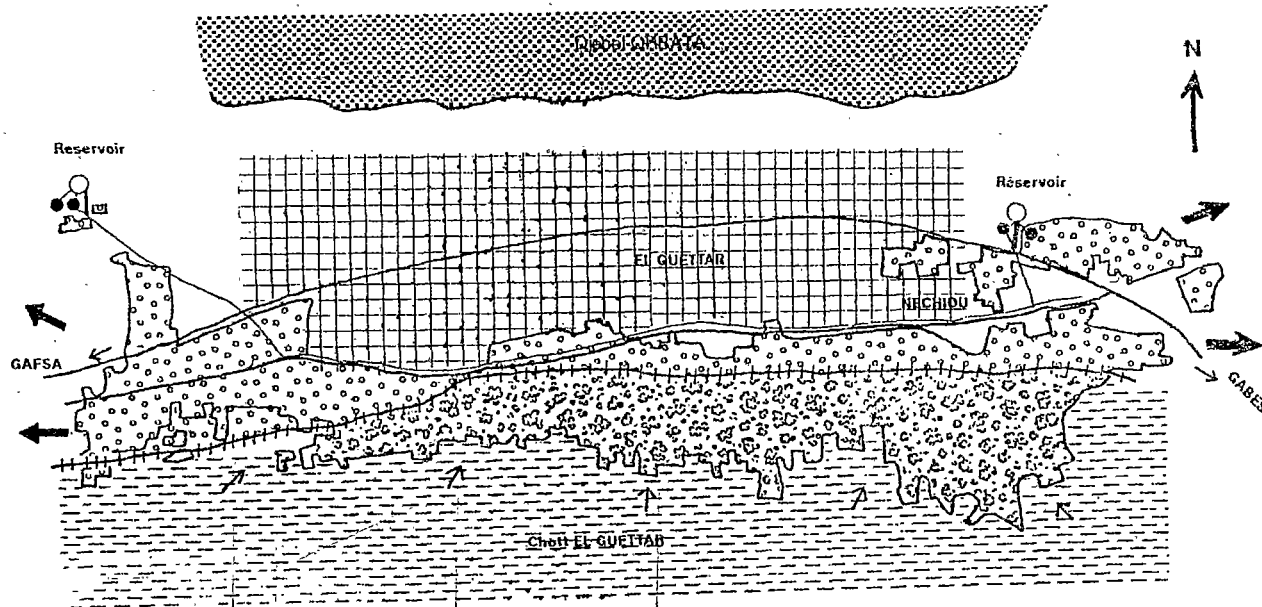
La micro-propriété très fréquente n'encourage ni l'intensification ni même la réalisation des travaux indispensables à la survie de l'exploitation. Le cas extrême est atteint dans les petites exploitations dont l'attachement des propriétaires interdit l'abandon. Dans ce cas ce n'est plus l'exploitation qui fait vivre la famille mais la famille qui fait vivre l'exploitation.




Cette situation foncière complexe bloque la rénovation agronomique. En effet l'arrachage des vieilles plantations peut réduire à néant la propriété d'un grand nombre de personnes. Le nombre élevé d'héritiers, dont beaucoup d'absentéistes, résidant en dehors d'El Guettar, empêche de prendre la décision de rénovation. Les exploitants reçoivent une prime d'arrachage des vieilles plantations de 11 dinars par pied arraché et une prime de 5 dinars pour chaque nouvelle plantation. Or il s'avère que jusqu'à la fin de 1992 les services agricoles du CRDA de Gafsa n'ont reçu à El Guettar que 338 demandes d'arrachage, et les pieds effectivement arrachés n'ont pas dépassé 6000 pieds, soit 24 % seulement des prévisions.




Ces résultats ne diffèrent guère de ce que nous avons déjà observé dans les anciennes oasis du Jérid (KASSAH A., 1991). Ce sont toujours les mêmes blocages structurels qui freinent l'application de la rénovation agronomique. Or la réforme des structures dans les anciennes oasis est très difficile et les résultats escomptés resteront toujours inférieurs à l'effort fourni et aux risques socio-politiques soulevés. De ce fait la valorisation de l'eau plus chère ne peut être assurée.




Pour le moment le profit tiré de la rénovation est très différent en fonction des exploitants. Ceux qui possèdent des exploitations de plus d'une demi hectare et disposent de ressources extra-agricoles ont réussi à tirer profit tant soit peu de la nouvelle situation. L'eau désormais disponible en permanence et en quantité suffisante a permis l'extension des cultures fourragères et maraîchères, particulièrement celles d'hiver. Mais ce qui est plus important c'est que la rénovation des anciennes oasis a entraîné un mouvement d'extension spontané à la périphérie qui n'a été, ni prévu, ni souhaité par les planificateurs.

Fig. 2: L'oasis d'El Guettar



-  Ancienne oasis
-  Extension récente
-  Sens d'extension de l'oasis

-  Forages et réseau d'irrigation
-  Chott
-  Avancée du chott

-  Zone urbanisée
-  Route
-  Voie ferrée

0 500 m

Tableau 3 : Les superficies des oasis du Sud-Ouest tunisien (en hectares)

Gouvernorats	Oasis anciennes	Oasis nouvelles	Projets étatiques	Extensions privées	Total
Gasfa	3120	0	380	1000	4500
Tozeur	3300	2200	1650	850	8000
Kébili	1500	4489	1311	3000	10300
Total	7930	6689	3341	4850	22810

Sources: Elaboration personnelle à partir de différentes sources et enquêtes

L'aménagement hydro-agricole des oasis tunisiennes : une action mieux planifiée.

Ce n'est qu'après la réalisation de l'étude des ressources en eau du Sahara septentrional en 1972 (PNUD-UNESCO 1972), que l'élaboration d'un plan d'aménagement hydro-agricole couvrant l'ensemble du sud tunisien est devenue possible. En 1976, un schéma directeur d'exploitation des ressources en eau du Sud tunisien fut adopté. Avant cette date, les interventions des pouvoirs publics étaient ponctuelles et isolées. Le plan directeur des eaux du sud s'est fixé pour objectif dans le domaine hydraulique et agricole deux types d'actions :

- Sauvegarde et rénovation des anciennes oasis souffrant d'un déficit important en eau.
- Création de nouvelles oasis sur les meilleurs sols.

Le P.D.E.S constitue une étape décisive dans l'exploitation rationnelle des ressources en eau dans le Sud tunisien. Son application s'est faite progressivement et a été accompagnée d'un suivi précis et continu des débits prélevés des différentes nappes et de leurs caractéristiques. Les données obtenues ont permis une actualisation des études sur les ressources en eau du Sahara septentrional et la réalisation de simulations sur des modèles mathématiques à partir de mailles plus denses (PNUD-UNESCO 1983).

Cette dernière étude a confirmé les données sur la nappe du Complexe Terminal et a révélé qu'il était possible de mobiliser des ressources supplémentaires de 2000 l/s dans la zone très peu exploitée au sud du Chott el Jerid. C'est sur la base de ces conclusions que la mise en valeur de 2000 ha à Régim-Maatoug a été planifiée.

Dans le cadre du P.D.E.S, l'Etat a entrepris, à partir de 1980, la rénovation des anciennes oasis. Il s'agit à la fois d'actions hydrauliques et agronomiques. Sur le plan hydraulique les interventions concernent le comblement du déficit en eau de ces oasis par le remplacement ou la création de forages, leur équipement en moto-pompes et la modernisation des réseaux d'irrigation et de drainage. Sur le plan agronomique, il s'agit de réaliser une reconversion agricole axée sur des plantations à haute valeur marchande tels la deglet nour dans le Jérid et le Nefzaoua. Il s'agit également d'intensifier les cultures intercalaires, maraîchères et fourragères.

Un premier bilan de ces interventions révèle que les actions hydrauliques ont été dans l'ensemble positives. Elles ont permis de réduire le déficit en eau des anciennes oasis, de réaliser des économies d'eau ainsi que sa meilleure répartition entre les exploitations. Par contre la reconversion agricole est très lente et rencontre de nombreuses difficultés. Au cours du VII^e Plan (1987-1991) les réalisations en matières d'arrachage de vieux palmiers ou à faible valeur marchande, dans l'ensemble des oasis anciennes du Sud tunisien, n'ont pas dépassé 22% des prévisions. En matière de replantation le taux de réalisation a été encore plus faible : 15% seulement. Les causes principales de cette situation relèvent essentiellement de blocages structurels. Les structures agraires qui n'ont pas été concernées par les interventions étatiques, constituent pourtant les véritables blocages à toute rénovation des oasis anciennes, comme le montre le cas d'El Guettar (figure 2). L'oasis d'El Guettar qui couvre une superficie de 450 ha, s'étire en longueur d'Est en Ouest sur environ 7 km, coïncée entre le jebel Orbata au Nord qui culmine à 1164 m, et chott El Guettar au Sud. Ainsi l'extension de l'oasis est extrêmement difficile en raison des contraintes du site mais aussi des faibles potentialités en eau. Le système d'irrigation traditionnel était structuré en fonction des galeries drainantes ou foggaras, appelées localement m koula et qui donnaient

Rénovation des anciennes oasis et extension périphérique: La nouvelle égalité devant l'accès à l'eau dans les oasis rénovées a donné toute sa valeur à la terre. Les propriétaires qui possèdent des parcelles au milieu des anciennes oasis se trouvent défavorisés et ne peuvent étendre leur exploitation. Par contre ceux qui se trouvent dans les marges tentent d'agrandir leur exploitation en utilisant les ressources en eau du nouveau réseau ou en creusant leur propre puits de surface. Ces puits de surface équipées pour la plupart de moto-pompes utilisent les eaux de la nappe phréatique alimentée par les eaux de pluies et les excédents d'eau de drainage. Mais les possibilités d'extension restent tout de même limitées et se font à grand frais, ce qui contraste avec les faibles possibilités financières d'un grand nombre d'exploitants.

Les extensions privées à la périphérie des anciennes oasis rénovées est un phénomène qui s'observe un peu partout dans le Sud-Ouest. Au Jérid les extensions périphériques dépassent 800 ha et sont importantes aux confins de l'oasis de Tozeur (Jehim). Dans le groupe d'oasis de Gafsa-El Guettar, les nouvelles plantations s'étendent de part et d'autre de la route et gagnent même sur le piémont du Jebel Orbara et la bordure du Chott-El Guettar. Au Nefzaoua les extensions périphériques spontanées sont estimées à 1000 ha. Elles sont particulièrement nombreuses dans la presqu'île de Kébili. L'exemple de Gléaa permet de suivre et de comprendre cette logique paysanne d'extension spontanée à la périphérie des anciennes oasis rénovées (figure 3).

Cette oasis située dans la presqu'île, était jusqu'au début des années soixante, irriguée par des foggaras, appelées localement: kherriga. Ces galeries drainantes avaient un faible débit. L'oasis était de ce fait peu étendue: 80 ha seulement. Le débit des foggaras n'a cessé de baisser.

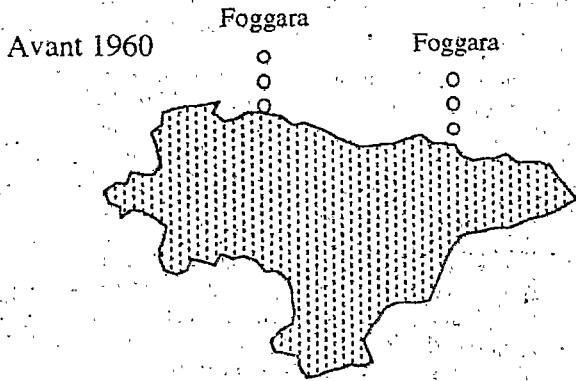
Pour résoudre le problème de l'eau dans les oasis de la presqu'île, fut réalisé en 1979 un projet d'adduction d'eau sur une quinzaine de kilomètres à partir de la zone de Gattaya, où une batterie de forages artésiens fournissait 540 l/s. Le raccordement de l'oasis de Gléaa à la conduite principale a permis de combler partiellement son déficit en eau. C'est de cette période que date les premières extensions à la périphérie. En effet, les exploitants agricoles qui disposent désormais d'une eau suffisante préfèrent la valoriser en mettant en valeur de nouvelles terres à la périphérie. Ils évitent de cette manière, les multiples problèmes dont souffrent l'ancienne palmeraie. La périphérie de l'oasis, en particulier la partie aval qui se trouve à proximité du chott, bénéficie également de la remontée de la nappe phréatique.

Cette réutilisation des eaux de drainage s'est avérée très bénéfique, particulièrement lors de pannes prolongées dans le réseau d'adduction d'eau jusqu'à la presqu'île. D'ailleurs le débit initial des forages artésiens de Gattaya n'a par tardé à baisser. C'est ce qui a nécessité le creusement de nouveaux forages profonds et leur équipement. De même pour économiser l'eau et limiter les pertes par infiltration et évaporation, un nouveau réseau d'irrigation fut réalisé à Gléaa. Il fut achevé en 1991. Les conduites sont enterrées sous le sol et se terminent par des bornes d'irrigation, dont chacune fournit en eau 3 ha. Le nouveau réseau a de nouveau favorisé la périphérie par la remontée du niveau de la nappe phréatique, l'amélioration de sa qualité chimique ainsi que l'accès plus facile à l'eau du réseau collectif.

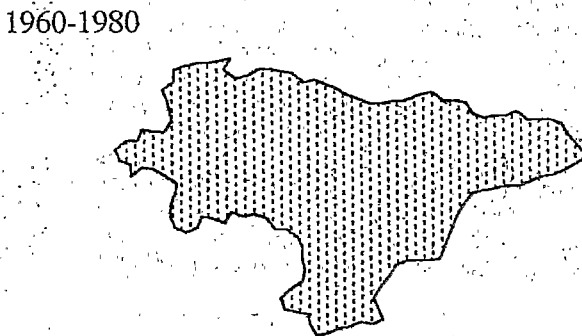
La superficie de l'oasis qui était de 80 ha dépasse aujourd'hui 120 ha. Malgré les tentatives de mettre fin à cette progression spontanée elle ne cesse de s'étendre. La rénovation des anciennes oasis par les pouvoirs publics, conçue au départ comme une intervention technique, a créé en fait des bouleversements sociaux inattendus. En effet l'ancienne hiérarchie sociale était fondée sur la priorité de l'amont sur l'aval. Longtemps, les détenteurs du pouvoir se sont accaparés les plus grandes quantités d'eau. Leurs exploitations se localisaient de préférence à proximité des sources et des seguias principales. (G.BEDOUCHA-ALBERGONI 1987).

Le tarissement des sources et foggaras, la mise en place de nouveaux systèmes hydrauliques, l'accès marchant à l'eau devenue de plus en plus chère, ont complètement bouleversé les hiérarchies sociales. Désormais se sont de nouvelles catégories socio-professionnelles qui tirent bénéfice de la nouvelle situation: commerçants, émigrés et certains fonctionnaires. Dans la plupart des cas, c'est dans de véritables stratégies familiales que s'intègrent l'activité agricole et les nouvelles créations. En effet, la création d'une nouvelle palmeraie est

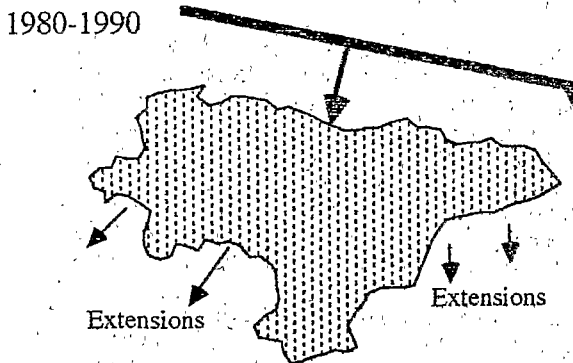
Fig.3: L'oasis de Gléaa: Rénovation et extension périphérique



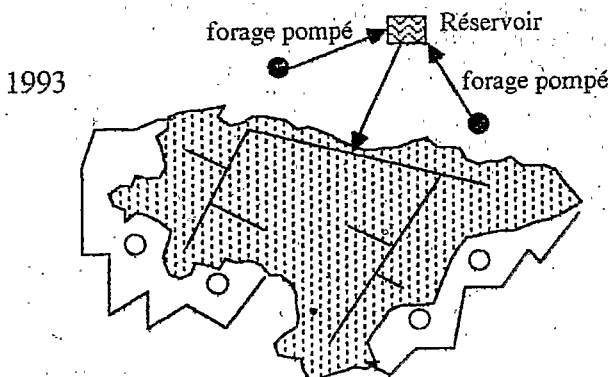
Superficie: 80 ha
 Origine de l'eau: foggaras
 Inégalité dans la répartition de l'eau d'irrigation
 inégalité dans la répartition de la terre et des palmiers



Tarissement progressif des foggaras
 déficit en eau persistant
 Crise économique et sociale
 départs massifs- Emigration



Projet de la presqu'île de kébili
 Amélioration du débit
 Début d'extension périphérique



Gattaya
 forages artésiens

Superficie : 120 ha
 Deux forages pompés: 78 l/s
 Nouveau réseau hydraulique
 Puits de surface à la périphérie
 Remontée de la nappe phréatique
 Extensions périphériques

une opération coûteuse. La rentabilisation de l'investissement initial demande beaucoup de temps: au moins une dizaine d'années. En attendant l'entrée en production des nouveaux palmiers, les agriculteurs effectuent des cultures annuelles, fourragères ou maraîchères, qu'ils écoulent sur le marché local de Souk-Lahad.

Certains exploitants, dont les terres se trouvent à la périphérie, n'ont pu cependant étendre leurs exploitations, faute de moyens financiers ou par manque d'appui familial. La frange sud de l'oasis de Gléaa, présente l'aspect d'une ligne en dents de scie. Les entrants correspondent à des exploitations en difficultés: densité arboricole élevée, faible valeur marchande des palmiers, absence des cultures de l'étage inférieur et intermédiaire, sol gagné par les plantes halophiles, faiblesse des revenus et des investissements. Par contre les sortants, correspondent à des exploitations prospères et en expansions: nouveaux rejets de palmiers D.N., arbres fruitiers divers, grande étendue des cultures maraîchères et fourragères, puits de surface équipé de moto-pompe, grande utilisation d'engrais chimiques et organiques. Dans l'oasis de Gabès, la mise en place d'une nouvelle infrastructure hydraulique n'a pu être suffisante à redonner à l'ensemble des terres leur vocation initiale (figure 4). En effet, la superficie de l'oasis qui était de 1085 à la fin des années soixante, n'est plus aujourd'hui que de 734 ha, soit une perte de 351 ha, dont 215 ha urbanisés et 136 ha abandonnées ou laissés en friche. Cette situation reflète la diminution de la productivité de l'oasis et sa valeur en tant que moyen de production agricole. Désormais l'espace oasien devient convoité par les spéculations foncières et immobilières à proximité d'une ville en pleine croissance et qui éprouve de grands besoins en matières de logements et de terrains à bâtir. La dévalorisation des terres agricoles de l'oasis est aggravée par la pollution atmosphérique, l'aggravation du déficit en eau dû à l'accroissement des besoins industriels et urbains et l'augmentation de la salinité de l'eau due à la contamination par les eaux de mer. (M. BELGACEM 1987 et 1993, A. HAYDER 1991, A. BECHRAOUI 1980).

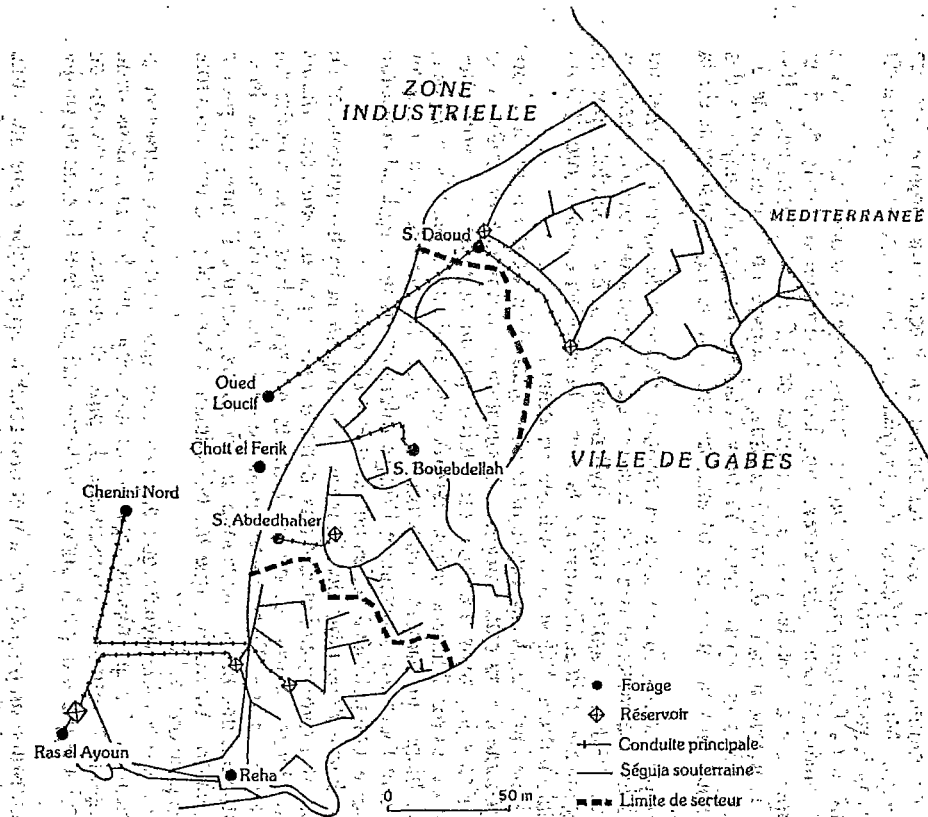
Ainsi la rénovation des anciennes oasis, conçue dans le cadre du P.D.E.S comme une intervention purement technique, a eu des conséquences socio-économiques inattendues. Les bénéfices tirés des nouvelles réalisations sont très inégaux en fonction des caractéristiques des exploitations et des disponibilités financières des exploitants. Ce sont ces mêmes tendances qui se dégagent de la mise en valeur de nouveaux espaces productifs par l'Etat et les privés.

La mise en valeur agricole entre stratégie et initiative privée

La mise en valeur étatique, une stratégie à objectifs multiples: Dans le cadre du P.D.E.S. l'Etat a prévu la mise en valeur de 8000ha principalement dans le Jérid et le Nefzaoua. La superficie mise en valeur dans tout le Sud-Ouest, entre 1980 et 1993, s'élève à 3341ha dont 380ha à Gafsa, 1311ha au Nefzaoua et 1650 ha au Jeudi. Régim-Maatoug constitue un véritable front pionnier où 300ha sont plantés et attribués, 1000ha sont en cours de plantation et d'attribution. La création de 1200ha d'oasis à Régim-Maatoug est également prévue d'ici l'an 2000. Les forages sont déjà réalisés, l'infrastructure routière est en cours d'achèvement et les conditions d'une installation humaine durable aux confins du plus grand désert de la planète, sont pratiquement réunies. Au total les nouvelles créations oasiennes de Régim-Maatoug couvriront 250ha.

Le choix des pouvoirs publics a été de confier les nouveaux périmètres à des attributaires privés, dont un grand nombre de jeunes. L'objectif était de créer de nouvelles sources de revenus et de d'emploi dans une région qui souffre d'un taux de nouvelle chaumage et de sous-emploi élevé, de faciliter la sédentarisation et l'intégration des derniers ménages semi-nomades, de rajeunir la main d'oeuvre agricole et de créer une paysannerie attachée à la terre sur des marges frontalières. Ainsi les nouvelles créations qui s'effectuent dans un contexte de libéralisme économique, visent plusieurs objectifs à la fois. La rentabilité économique des nouveaux périmètres est également recherchée, puisque le Sud-Ouest offre des conditions agro-climatiques favorables à la plantation des palmiers D.N. L'exemple de Esgourde permet d'illustrer la multiplicité des objectifs recherchés et les caractères originaux de la nouvelle génération de périmètres créés par les pouvoirs publics (figure 5)

Fig. 4 : l'oasis de Gabès : modernisation du système hydrolique



Source : A. HAYDÈR 1991

Le périmètre de mise en valeur de Segdoud constitue le plus important projet hydro-agricole dans la région de Gafsa depuis 1985. La zone du projet s'étend au sud de la chaîne de Metlaoui, entre le contre minier de Metlaoui et la petite oasis de Chebika. Elle n'est séparée du centre minier de Rédié que par la chaîne montagneuse difficilement franchissable. Jusqu'au début de l'indépendance, la zone n'était exploitée que par un pastoralisme transhumant et une céréaliculture extensive et épisodique pratiqués par les groupes qui fréquentaient la zone: les Oued Sidi Abid et les Oued Bou Yahya.

Au début des années soixante, une vingtaine de personnes se hasarda à creuser des puits de surface et créer de petites palmeraies plantées en deglet-nour. Ces pionniers déjouaient ainsi les conditions naturelles difficiles, l'isolement et l'absence de toute infrastructure de base ou d'équipements socio-collectifs. En 1984, les pouvoirs publics tentèrent de canaliser ce mouvement de sédentarisation en lançant un programme de développement rural intégré. Mais l'insuffisance des moyens mis en oeuvre et le désintérêt général n'ont pas permis la réussite du projet.

En 1985 et 1986, trois forages profonds furent créés dans la zone. Mais ce n'est qu'en 1988 qu'ont été aménagés deux périmètres: Segdoud 1, irrigué à partir de deux forages, couvre une superficie de 160 ha lotis en parcelles de 1,5 ha et réparti entre 106 bénéficiaires; Segdoud 2, irrigué à partir du troisième forage, couvre une superficie de 57 ha lotis en parcelles de 1,5ha et réparti entre 35 bénéficiaires. La grande majorité des nouveaux agriculteurs sont âgés de moins de 40 ans, ce qui vise le rajeunissement de la main d'oeuvre agricole.

En plus des deux périmètres, furent créés et équipés 265 puits de surface permettant d'irriguer chacun 2 à 3 ha. La majorité des bénéficiaires de ces puits de surface sont des retraités de la mine de Rédié. L'aménagement hydro-agricole a été complété par la construction de 306 logements, l'électrification de la zone, la création d'une école et d'un dispensaire. Le coût total du projet s'élève à 7 millions de dinars.

Les conditions climatiques locales permettent la plantation de la deglet-nour, le choix fût donc orienté principalement vers cette variété. La plantation commença en 1989. Une dizaine d'années est nécessaire pour l'entrée en pleine production de ces nouvelles palmeraies. Mais d'autres arbres fruitiers moins tardifs sont également plantés: vignes, figuiers, oliviers pistachiers, grenadiers, abricotiers, etc. De même des cultures intercalaires maraîchères et fourragères occupent l'étage inférieur. Ainsi Segdoud constitue une véritable oasis moderne comparable à celles du Jerid et Nefzaoua.

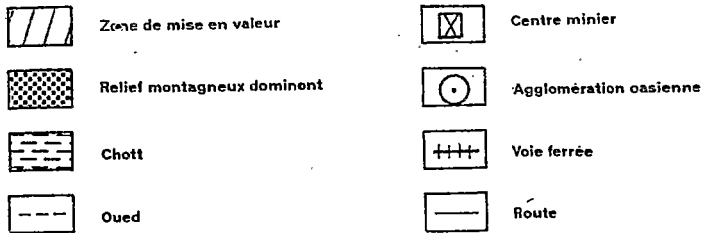
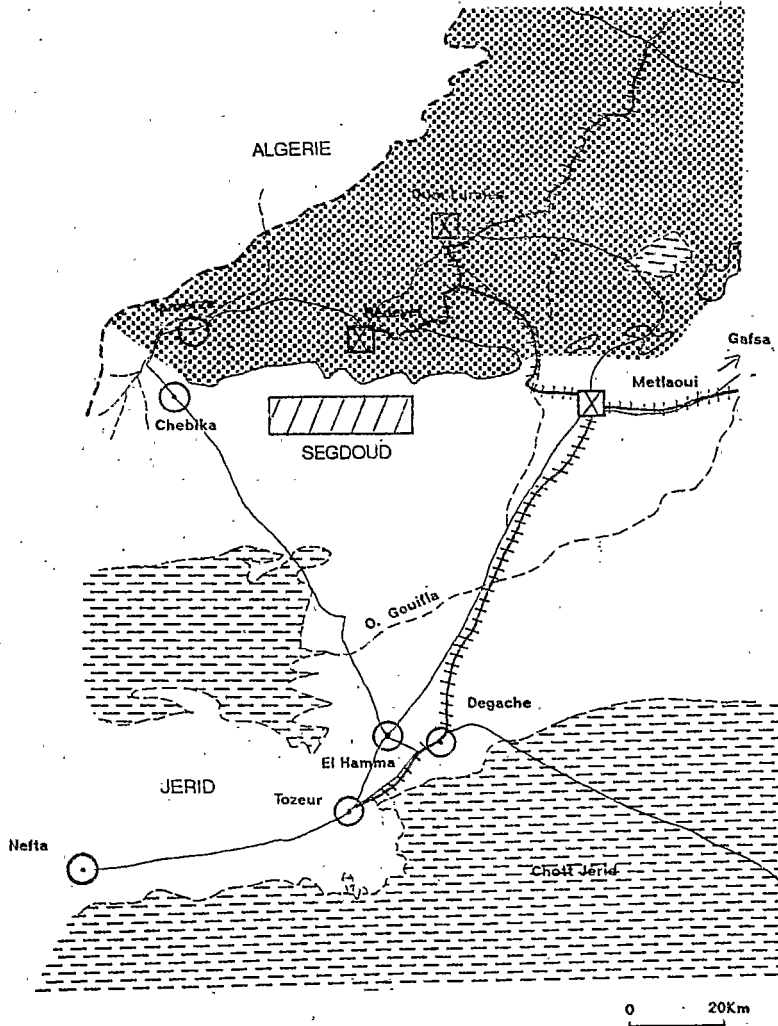
L'Etat a pris en charge l'ensemble des frais de l'aménagement hydro-agricole et de l'infrastructure de base. Il a livré gratuitement aux bénéficiaires rejets de palmiers, plants des arbres fruitiers. Semences, engrais et divers intrants indispensables à la réussite du projet. L'eau d'irrigation continue d'être livrée gratuitement aux bénéficiaires des lots. Ceux-ci perçoivent également une prime mensuelle de 65 dinars, jusqu'à l'entrée en pleine production de leur plantation. Autant dire que les bénéficiaires font l'objet d'une véritable sollicitude de la part des pouvoirs publics.

Le projet a créé une véritable dynamique dans la zone qui est devenue attractive et favorable à la sédentarisation. Ce qui répond également aux objectifs de l'Etat dans cette région frontalière. L'engouement pour le creusement de puits de surface et la création de périmètres irrigués est tel aujourd'hui que la superficie totale irriguée dans la zone du projet dépasse 1000ha.

Ainsi Segdoud constitue un progrès certain et une réussite appréciable dans une zone jusque là marginale et inhospitalière. Les résultats atteints n'ont été possible que grâce au concours direct de l'Etat. La stratégie des populations locales a été en pleine conformité avec la stratégie étatique. Cependant un certain nombre de contraintes se posent encore à cette frange pionnière de mise en valeur ainsi qu'à l'ensemble des nouveaux périmètres de mise en valeur.

Lacunes et insuffisances des nouveaux périmètres: Tout d'abord l'accès à la zone reste difficile. Les pistes relayant Segdoud de tous les côtés sont en mauvais état. C'est ce qui grèvent lourdement les frais des nouveaux agriculteurs particulièrement pour écouler leur production agricole. De même la nappe phréatique exploitée par puits de surface souffre d'une salinité assez élevée pouvant atteindre 6 g/l; alors que les forages profonds n'ont qu'une salinité de 1,5 à 2 g/l. Ainsi les agriculteurs bénéficiant de l'eau des forages

Fig. 5 : Un front pionnier de mise en valeur :
Segdoud



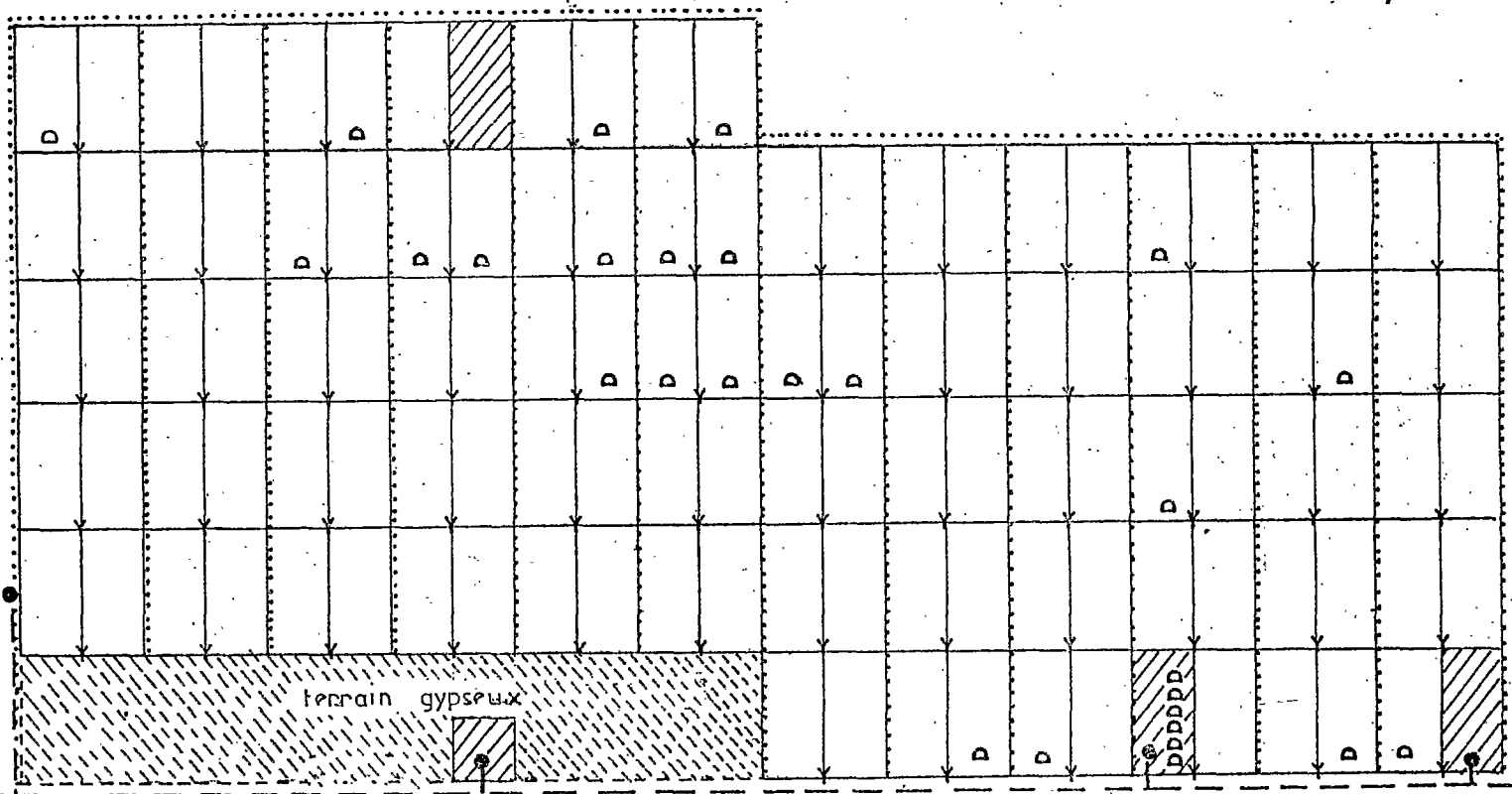
profonds disposent d'une eau de meilleure qualité et sont assurés d'une plus grande sécurité dans l'accès à l'eau d'irrigation.

Des puits de surface continuent d'être creusés dans la zone, mais l'état de sur-exploitation de la nappe phréatique n'autorise par leur électrification en totalité. Un quatrième forage profond est creusé. Il sera insuffisant pour répondre à la forte sollicitude de la part des agriculteurs. Dans les périmètres irrigués par puits profonds s'observe un problème de drainage sur 40 ha, dû à un excès d'irrigation et à une mauvaise configuration du périmètre. La gratuité de l'eau n'encourage certainement pas l'optimisation de son utilisation. De même ce problème révèle les difficultés qu'ont encore des anciens semi-nomades à maîtriser entièrement les techniques de l'agriculture irriguée. Dans l'ensemble de la Tunisie du Sud-Ouest, les nouveaux périmètres étatiques sont insuffisants à répondre à la forte demande sociale. Au Nefzaoua, la taille moyenne des lots est modeste. La superficie moyenne est de 87 ha. les lots attribués ne dépassent pas 0,25 ha. Or la taille indispensable à fournir des revenus convenables à un ménage se situe entre un hectare et demi et deux hectares. C'est cette dernière superficie des lots qui a été choisie pour les nouvelles créations étatiques dans le Jérid en particulier le périmètre d'Ibn Chabbat (figure 6).

Deux contraintes majeures ont déterminé la faible taille des lots attribués. Tout d'abord, les projets se sont réalisés principalement sur des terres collectives. Les membres des différents groupes exigent d'avoir droit à accéder à la propriété de la terre dans les nouveaux périmètres. Le problème foncier complique la mise en valeur agricole. En effet l'exploitation de nouvelles ressources en eau donne une valeur insoupçonnée aux anciennes terres de parcours et crée des tensions sociales aiguës entre les différentes fractions tribales. D'ailleurs certains forages, aussi bien dans le Jérid que dans le Nefzaoua, n'ont pu être exploités à cause des litiges fonciers. Dans le Jérid, les nouveaux périmètres ont été principalement créés sur des terres domaniales, et les pouvoirs publics ont pu lotir les périmètres selon des normes convenables. Le conflit pour la terre entre fractions tribales y est moins aiguës que dans le Nefzaoua. La deuxième contrainte relève des disponibilités en eau. En effet, les deux principales nappes du Nefzaoua, ainsi que de tout le Bas-Sahara; sont: le complexe terminal et le continental intercalaire. Ce sont deux nappes fossiles, dont l'essentiel du réservoir a été constitué depuis au moins 50.000 ans. L'intérêt du P.D.E.S est d'avoir planifié la mise en valeur agricole en tenant compte aussi bien de la demande sociale que de l'évolution des caractéristiques de ces nappes, au fur et à mesure de leur exploitation. Mais poussées par le besoin et la recherche de nouvelles sources de revenu et d'emploi, et alléchées par les gains que peut procurer la plantation de nouvelles palmeraies, les populations locales se sont mises à créer des forages illicites qui étaient à leur portée technique et financière, sans tenir compte des disponibilités en eau de la régions ou des perspectives de leur évolution future. De même les nouveaux réseaux hydrauliques réalisés dans les anciennes oasis ont été détournés de leur fonction initiale (comblent le déficit en eau de ces oasis) et ont servi à la création de nouveaux espaces productifs à la périphérie. Ainsi la mise en valeur agricole, planifiée par les pouvoirs publics se trouve aujourd'hui complètement perturbée par la mise en valeur privée, spontanée et incontrôlée.

La mise en valeur privée, anarchique et illicite: Les conditions hydrogéologiques au Nefzaoua sont favorables à l'exploitation de la nappe du Complexe Terminal, par des sondages privés, permettant de faire jaillir une eau artésienne d'une profondeur inférieure à 1000m. Les ressources en eau en Tunisie, font partie depuis 1985 du domaine public. Tout forage doit donc faire l'objet d'une autorisation préalable des autorités compétentes. Or au Nefzaoua, la possibilité technique de créer des forages a donné lieu à la multiplication des puits illicites et la création de périmètres privés. Ce mouvement a pris de l'ampleur à partir du début des années 80. La plus forte densité de puits illicites se localise entre Jemna, Douz et Nouyel. Entre 1981 et 1992, les services du C.R.D.A. de Kébili ont recensé 793 puits créés. Le maximum de puits a été réalisé en 1984 (figure 7). Cependant les enquêtes de terrain permettent de constater que le nombre des puits illicites a continué à progresser. La baisse enregistrée est due au relâchement du contrôle, à la difficulté de suivre un mouvement généralisé qui touche l'ensemble du Nefzaoua, à la clandestinité des intervenants et à la tolérance d'une administration débordée par le mouvement et embarrassée de ne pouvoir prendre des mesures énergiques faute de solutions de rechange.

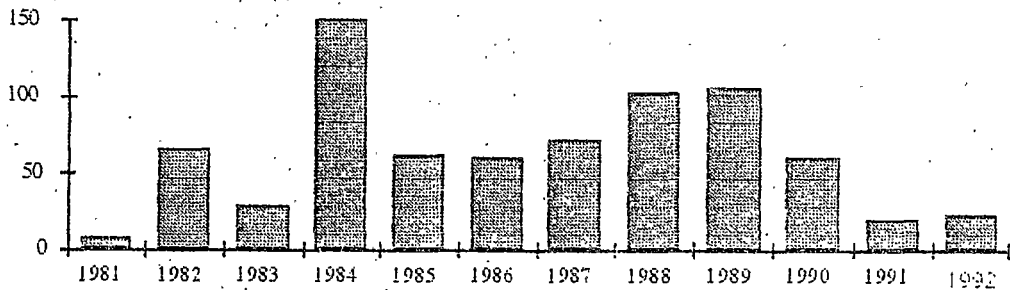
Fig. 6 : UNE OASIS MODERNE : IBN CHABBAT (franche 240 HA)



0 300m

- FORAGE
- ⋯⋯⋯ BRISE-VENT
- +— RÉSEAU D'IRRIGATION
- Y BORNE D'IRRIGATION
- ◻ SERRE
- RÉSERVOIR
- ▨ PARCELLE EXPERIMENTALE

Fig.7: Evolution des puits illicites au Nefzaoua



Ainsi sur, 763 puits recensés entre 1981 et 1992, seuls 55% ont fait l'objet de constats notifiés par des procès verbaux. Le nombre de personnes ayant fait l'objet de poursuites judiciaires ou d'amendes, est encore plus faible. D'ailleurs, l'amende infligée au contrevenant est perçue comme une reconnaissance tacite du fait accompli et une légalisation du forage et du périmètre à qui il a donné lieu. Généralement les puits sont forés de nuit, de plus en plus éloignés des routes et des pistes, donc plus difficiles d'accès pour les services de contrôle. Certains forages illicites aux environs d'El Faouar, ont donné des débits élevés, dépassant 40 l/s par artésianisme. Dans la plupart des cas, le forage illicite et le périmètre spontané à qui il donne lieu, sont le fruit d'une association entre une douzaine à un vingtaine de personnes. L'investissement initial est de l'ordre de 10.000 à 20.000 dinars: Il sert à la réalisation du forage, à l'infrastructure hydraulique commune : bassin, conduites principales, bornes d'irrigation ainsi qu'à l'aménagement du périmètre : nivellement du terrain, ouverture de pistes et lotissement. La mise en valeur agricole s'effectue par la suite individuellement. Mais la gestion du réseau continue à s'effectuer collectivement. Les agriculteurs associés dans ces périmètres illicites, font preuve d'une organisation remarquable, d'une gestion efficace et démocratique ainsi qu'une utilisation rationnelle et économique et l'eau au niveau des parcelles. Le mode de faire valoir direct est dominant. La réussite du projet est une responsabilité familiale et individuelle. Ce qui n'est pas toujours le cas dans les périmètres aménagés par les pouvoirs publics (figure 8).

Dans ces périmètres plantés principalement en D.N., les cultures annuelles, maraîchères et fourragères prennent une grande extension. Ce sont principalement les périmètres illicites qui approvisionnent en produits frais les agglomérations du Nefzaoua. L'importance des cultures annuelles est rendu possible par l'abondance de l'eau et son faible coût d'exploitation. Ainsi au Sud-Est de Nouyel, 18 personnes se sont associés pour créer un forage et mettre en valeur un périmètre de 18 ha. Le forage donnait au début 8 l/s par artésianisme. Aujourd'hui il débite moins de 6 l/s. Le tour d'eau est de 9 jours. La main d'eau est de 12 heure. Chaque hectare bénéficie donc d'environ 10500 m³ par an. Ce qui dépasse largement le débit dans beaucoup d'oasis du Nefzaoua.

Mais même dans ces périmètres, le problème de l'eau commence à se poser avec acuité. Les premiers forages illicites avaient moins de 60 m de profondeur. Aujourd'hui, les forages privés dépassent 150 m. Certains forages illicites ont même été équipés de moto-pompes. D'autres ont vu leur débit baisser dans ces proportions inquiétantes, menaçant la survie des nouveaux périmètres avant l'entrée en production des jeunes palmiers. Les propriétaires des périmètres spontanés se tournent aujourd'hui vers l'Etat et sollicitent l'aide des pouvoirs publics pour la réussite de leur projets, soit en les faisant bénéficier de l'eau des réseaux en place, gérés par des A.I.C., soit en creusant de nouveaux forages plus profonds équipés de moto-pompes. C'est dont aujourd'hui un véritable dilemme qui se pose au Nefzaoua, à caractère à la fois social, économique, politique et écologique.

Les perspectives de développement des oasis tunisiennes

La ruée vers la déglat, une réplique paysanne à l'insuffisance de projets étatiques: La course pour la plantation qui se poursuit aujourd'hui au Nefzaoua, dans la zone de Segdoud, ainsi qu'à la périphérie de la plupart des oasis rénovées, s'explique par une multitude de facteurs. Tout d'abord la croissance démographique se poursuit en Tunisie méridionale à un rythme supérieur à la moyenne nationale: entre 1984 et 1989 la population du Nefzaoua s'est accrue de 3% par an, celle de Gafsa à un taux de 2,6%, contre 2,4% pour toute la Tunisie. Ce problème démographique est aggravé par l'achèvement du processus de sédentarisation des populations semi-nomades et l'urbanisation accélérée. Ce qui signifie un accroissement rapide, des besoins et une pression plus forte sur le marché de l'emploi. De même l'économie du Sud-Ouest est restée très peu diversifiée. L'agriculture occupe encore 38% des actifs au Nefzaoua, 24% au Jérid et 13% à Gafsa, contre 2,5% pour toute la Tunisie. Dans la région de Gafsa, où les mines de phosphates emploient 23% des actifs occupés, l'application du programme d'assainissement de la Compagnie des Phosphates à partir de 1985 et qui est destiné à réduire le déficit financier, a eu de graves conséquences sociales: arrêt des recrutements, licenciement de mineurs, retraites anticipées, etc. Le retour à la terre est devenu pour un grand nombre, une solution de rechange inévitable; mais les ressources en eau et en sol sont réduites et les limites d'un retour se font cruellement sentir.

L'industrie manufacturière est très réduite. Seul le conditionnement des dattes a connu un développement rapide en relation avec l'extension de la filière dattes. Cette industrie emploie essentiellement une main d'œuvre féminine pour une période de 4 à 6 mois. Le chômage et le sous-emploi masculins restent donc assez élevés.

Le développement récent du tourisme saharien a permis de créer des emplois directs et indirects, de doter la région d'une infrastructure et d'équipements modernes. Mais cette activité se pose aujourd'hui en concurrent sérieux à l'agriculture oasisienne, particulièrement pour l'eau. La plupart des établissements touristiques de Tozeur, situés à Rass El Ain ont créé des forages qui pompent directement l'eau de la nappe du C.T. Dans l'ensemble, les effets d'entraînement du tourisme saharien sur l'économie régionale restent modestes.

Le Sud-Ouest a été également très touché par l'arrêt de l'émigration vers l'Europe, particulièrement la France depuis 1973. L'émigration vers la Libye, en grande partie clandestine, n'est plus attractive depuis la dévaluation de la lire libyenne. La lire libyenne coûte moins de un demi dinars tunisien. Le travail au noir en Libye n'est plus donc rentable pour des émigrés clandestins.

Ainsi la mise en valeur privée et spontanée représente une réplique paysanne à l'insuffisance des projets étatiques et l'inadéquation entre leur localisation géographique et la résidence des nouveaux demandeurs d'emplois. Parfois ces projets se trouvent dans des zones enclavées ou faiblement équipées en infrastructure de base et équipements socio-collectifs. Dans le Nefzaoua, 70% des périmètres créés se trouvent dans les délégations de Douz et d'El Faouar, alors que ces deux délégations ne comptent que 36% de la population. Les lots de Rgim-Maatoug et Bir-Matrouha sont en particulier très peu sollicités. Dans le Jérid, le périmètre d'Ibn Chabbat est encore sous-exploité, beaucoup de bénéficiaires des nouveaux lots qui résident à Tozeur, Nefta et Degache n'effectuent que les travaux indispensables à la survie de la plantation. Le village conçu pour loger les attributaires est mal adapté aux besoins de famille rurales. Il reste de ce fait abandonné, comme celui de Dhomrana, à l'Est de Douz.

Il faudrait ajouter à tous ces facteurs un élément fondamental dans la ruée vers la mise en valeur anarchique, c'est la course entre les différentes fractions tribales pour s'approprier la terre. En effet 86% de la S.A.U. au Nefzaoua est collective. Or la création de forages par l'Etat, et les possibilités de creuser des forages par les privés, donnent à ces anciennes terres de parcours, une valeur insoupçonnée. Les membres d'une même fraction se partagent clandestinement les terres et s'autorisent mutuellement à accéder à la propriété privative des terres.

Des conflits aigus peuvent cependant opposer différentes fractions tribales. La plantation constitue de ce fait, quant elle se réalise, la meilleure preuve de l'appropriation individuelle de la terre. C'est ce même souci qui a été à l'origine du développement spectaculaire de l'arboriculture en sec dans l'arrière pays sfaxien et toute la Tunisie

centrale, même là où les conditions pédologiques ne sont pas favorables à l'extension de l'arboriculture. C'est ce qui explique, entre autres facteurs, le grand nombre d'échecs et la faiblesse de la productivité arboricole dans la Tunisie du Sud Ouest. Enfin la libéralisation de la commercialisation des dattes au milieu des années 70, l'accroissement rapide des prix de la D.N. et l'installation d'usines de conditionnement des dattes dans les régions de production, ont été un puissant stimulant pour l'investissement dans le secteur dattier. Ainsi plusieurs facteurs se rejoignent et se complètent pour expliquer cette formidable ruée vers la degla, qui n'a d'équivalents nulle part en Tunisie pré-saharienne, ni dans tout le Sahara maghrébin.

L'eau, atout et limite pour le développement: Si la mise en valeur privée et spontanée dans un milieu à fortes contraintes, constitue une manifestation du dynamisme et de l'initiative dont font preuve les populations des franges sahariennes, elle ne constitue pas moins une menace pour l'avenir de toute la région. Certes les nouveaux périmètres ont permis de créer de nouvelles sources de revenus et d'emplois, directs et indirects, d'augmenter la production agricole et ont contribué à sa diversification, seulement ils ont aggravé le problème de l'eau au niveau de coût et de la qualité.

En effet l'accroissement rapide de l'exploitation des ressources en eau a eu pour conséquence le tarissement rapide et irréversible des sources et de recours accru au pompage. En 1992 la pompage contribue pour 84% des débits exploités à Gafsa, 74% au Jérid et 26% au Nefzaoua. Les puits illicites au Nefzaoua exploitent 40% du débit total. Le recours à la nappe profonde (plus de 2000 m) et chaude (plus de 70°C) du Continental Intercalaire s'est accentué. Autant dire que l'eau est désormais de plus en plus chère compte tenu des coûts des forages, de plus en plus profonds, du matériel de pompage de plus en plus puissant et consommateur d'énergie, ainsi que des indispensables refroidisseurs pour pouvoir bénéficier pendant la période estivale d'une eau à température convenable. Pendant l'hiver les eaux chaudes du C.I. servent à chauffer les serres et sont réutilisées pour l'irrigation des cultures.

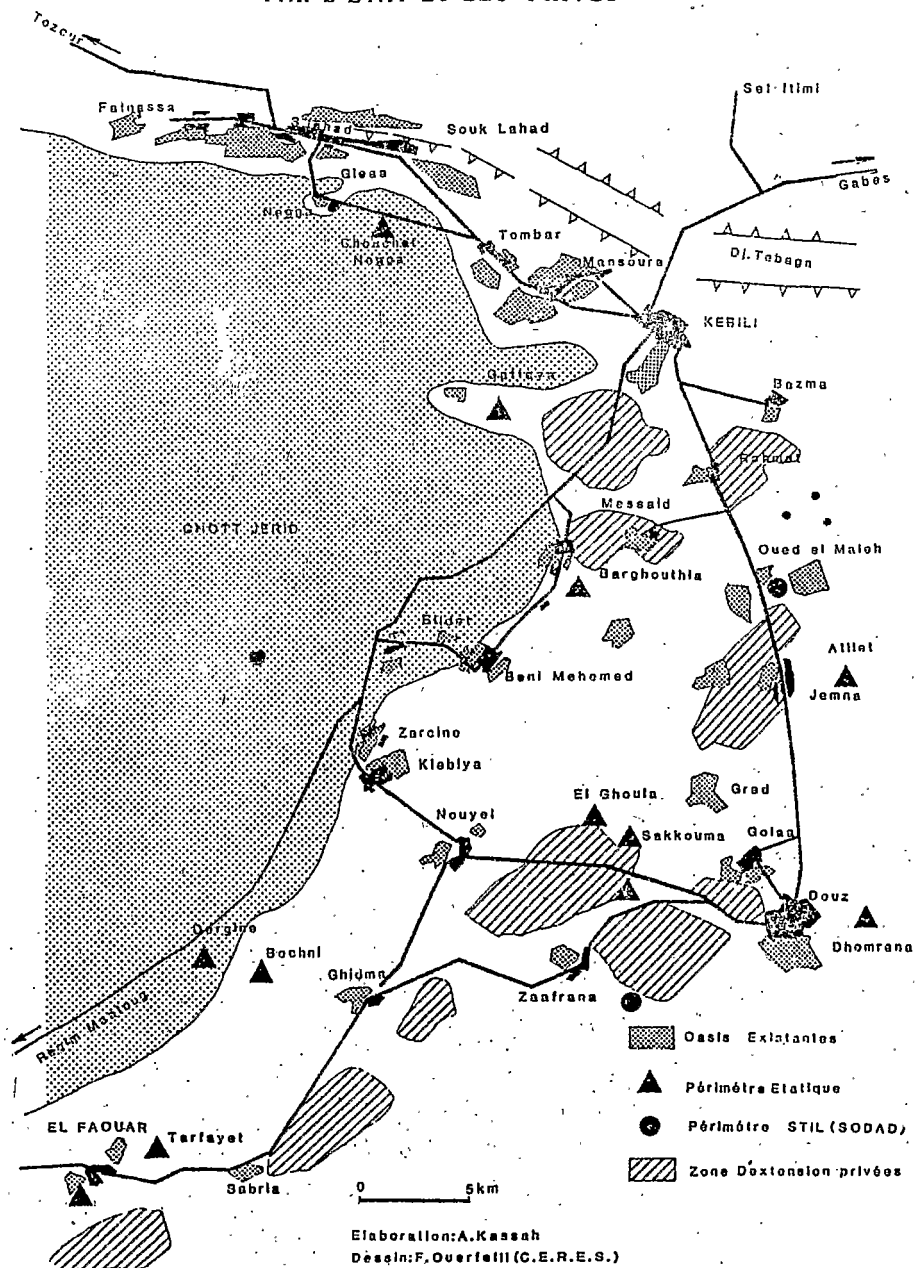
Le recours généralisé au pompage pose également le problème de maintenance et d'entretien du matériel. Avec le temps les pannes deviennent de plus en plus fréquentes. La dispersion géographique des périmètres, le grand nombre de marques de moto-pompes et le manque de techniciens pour la réparation et la maintenance, compliquent les problèmes de gestion et rendent les pannes plus fréquentes et plus prolongées. De même le renchérissement du coût de l'eau se répercute négativement sur les frais d'exploitation. Les petits exploitants et propriétaires de palmerais à faible valeur marchande ne peuvent couvrir leurs frais d'exploitation et sont obligés d'abandonner leurs terres.

Une autre conséquence très grave qui découle de la sur-exploitation des nappes profondes et la généralisation du pompage, est la salinisation prévue des ressources en eau. En effet, les ressources exploitables au Nefzaoua, compte tenu de coût d'exploitation abordables, sont de l'ordre de 6500 L/s, à partir du C.T. et 780 l/s à partir du C.I., or les taux d'exploitations ont atteint en 1992: 108% pour le C.T. et 119% pour le C.I.. La baisse de l'artésianisme, de la pression et du niveau piézométrique constituent des conditions favorables à l'intrusion des eaux salées du chott et la contamination des nappes profondes.

Nous devons rappeler que ces nappes sont fossiles. Leur constitution remonte pour l'essentiel aux périodes du Quaternaire, soit entre 50.000 à 100.000 ans. Le taux de renouvellement ne dépasse pas 15% des prélèvements. Déjà dans certains secteurs de la presqu'île de Kébili s'observe une augmentation sensible de la salinité. Tout l'avenir du Nefzaoua se trouve donc menacé par une utilisation irrationnelle et anarchique du potentiel hydraulique hérité. C'est une véritable catastrophe écologique annoncée.

Une autre conséquence directe de la sur-exploitation des nappes profondes est la remontée de la nappe phréatique. Ce qui provoque d'énormes problèmes d'hydromorphie. Les palmiers, en particulier les D.N. très sensibles à l'excès d'eau, ont besoin d'un sol bien lessivé et bien drainé à moins d'un mètre et demi de profondeur. Le problème du drainage est d'autant plus compliqué à résoudre, que la plupart des oasis du Nefzaoua se trouvent sur un terrain plat, où les chotts salés s'imbriquent aux terres cultivées. En milieu saharien, il est aussi difficile de se procurer de l'eau que de s'en débarrasser, car l'endoréisme prédomine et la forte évaporation aggrave la menace de salinisation.

Fig. 8: LA PRODUCTION DE L'ESPACE OASIEN AU NEFZAOUA
PAR L'ETAT ET LES PRIVES



Promesses et menaces de la filière dattes: Pour compléter notre bilan des mutations en cours des oasis tunisiennes, il est indispensable de rappeler les atouts et contraintes de la filière dattes. Le secteur dattier est aujourd'hui l'un des secteurs les plus performants de l'agriculture tunisienne, comme en témoigne l'accroissement de la production, de la capacité de conditionnement et la valeur des exportations. L'expansion rapide de la filière dattes a été particulièrement sensible à la suite de la libéralisation de la commercialisation des dattes qui était le monopole de la STIL jusqu'au début des années 70. Mais les succès actuels cachent beaucoup de faiblesses qui méritent d'être analysées.

Au niveau de la production, la pratique de la monoculture de la D.N. dans les différents projets étatiques et privés présente un certain nombre de risques. Tout d'abord la D.N. quoique prisée sur le marché européen est très sensible à la maladie de la fusariose, bayoudh. Cette maladie cryptogamique du palmier dattier a déjà contaminé la totalité des palmeraies marocaines et la moitié des palmeraies algériennes. Dans l'état actuel de nos connaissances scientifiques, cette maladie est incurable. Les mesures prophylactiques envisagées n'arrêteront jamais la progression de la maladie mais permettront seulement de la retarder (M. DJERBI 1988);

L'hégémonie croissante de la D.N. s'effectue également au dépens d'autres variétés qui sont le fruit d'une sélection étendue sur plusieurs siècles et la marque d'une adaptation remarquable à l'environnement. L'appauvrissement du patrimoine génétique palmicole ne peut donc que s'aggraver. Cette hégémonie de la variété D.N. accentue d'autre part la dépendance de la Tunisie à l'égard du marché traditionnel de la dattes : Europe et particulièrement la France. Les exportations de dattes tunisiennes à destination de la France constitue encore près de la moitié des dattes exportées 51% en 1957 et 49% en 1990°.

Conclusion: Pour un plan d'aménagement global

Dans l'ensemble les mutations sociales, économiques et spatiales des oasis tunisiennes sont d'une grande envergure et commencent à bouleverser les structures héritées du passé. Les enjeux de ces mutations sont très importants, les risques de dérapage également. Tous les intervenants sont concernés et doivent préparer l'avenir des sociétés et espaces oasiens en tenant compte aussi bien des acquis et réussites réalisées, que des contraintes et défis qui restent posés.

Il est important d'agir à la fois sur plusieurs niveaux :

- Mieux maîtriser l'expansion de la filière dattes
- Coordonner les actions agricoles au niveau de tout le Sud tunisien
- Arbitrer les conflits existants ou à venir entre l'agriculture oasienne d'une part et l'urbanisation, l'extraction minière, l'industrie chimique et le tourisme saharien d'autre part.
- Intégrer l'agriculture oasienne dans un plan d'aménagement régional, global, diversifié équilibré.

Références bibliographiques

- ATTIA (H.) 1965: Modernisation agricole et structures sociales; exemple des oasis du Djérid. *Revue tunisienne des sciences sociales* n° 2 p.p.59-93.
- BACHTA (M.S.) 1976: Interaction des systèmes de production et de l'emploi dans le Djérid; cas d'étude l'oasis de Nefta. thèse INAT 98 p.
- BECHRAOUI (A.) 1980: La vie rurale dans les oasis de Gabès. publi. Univ. de Tunis ENS 301 p.
- BEDOUCHA-ALBERGONI (G.) 1987: L'eau, l'amie du puissant, une communauté oasienne du Sud Tunisien. Ed. Archives contemporaines 427 p.

- BELGACEM (M.) 1987: Production foncière et immobilière dans l'agglomération de Gabès; facteurs et impacts spatiaux. Thèse de géographie, univ. de Tours 249 p.
- BELGACEM (M.) 1993: Investissements publics et production dans l'oasis de Gabès; communication au séminaire: l'eau et l'agriculture irriguée en Tunisie, Fac. des Lettres Manouba 17 p. (en arabe).
- BISSON (J.) 1991: Un front pionnier au Sahara tunisien: Le Nefzaoua; *Bull. de l'ass. des géog. français* n°4 p.p.299-309.
- BISSON (J.) 1992: Le Sahara dans le développement des Etats maghrébins. *Maghreb-Machrek* n°134 p.p.3-27; et N° 135 p.p.79-108.
- C.R.D.A Gafsa, Kébili et Tozeur: Rapport d'activités et statistiques.
- DESPOIS (J.) 1965: Problèmes techniques, économiques et sociaux des oasis sahariennes; *Revue tunisienne des sciences sociales* n°2 p.p.51-57.
- DJERBI (M.) 1988: les maladies du palmier dattier. Alger 127 P.
- DOLLE (V.) et TOUTAIN (G.) éditeurs, 1990: les systèmes agricoles oasiens. *Options méditerranéennes*, série A n°11, CIHEAM Montpellier 335p.
- GROUPEMENT INTERPROFESSIONNEL DES DATTES (GID): Statistiques concernant l'effectif palmicole, la production, le conditionnement et l'exportation des dattes.
- HAYDER (A.) 1991: le problème de l'eau à Gabès: gestion conflictuelle et étatisation; dans l'eau et la ville; URBAMA fasc. 22 pp. 289-300.
- ISTITUTO AGRONOMICA PER L'OLTREMARE - FIRENZE 1988: Revista de agricultura subtropical e tropical, numéro spécial NEFZAOUA; gennaio, 480 p.
- JEBALI (A.) 1988: Le plan directeur des eaux du Sud; le Guide de l'eau Tunisie, édité. Fondation de l'eau Tunis, p.p.71-76.
- KASSAH (A.) 1989: Le secteur dattier en Tunisie. *Revue tunisienne de géographie* n°18 p.p.201-235.
- KASSAH (A.) 1991: les oasis du Jérid : étude de géographie agraire. publi. Fac. des Lettres Manouba ; 252 p. (arabe)
- KASSAH (A.) 1992: Oasis et espaces sahariens: quelle politique d'aménagement? dans: l'environnement à travers la science géographique; *cahiers du CERES* série géog. n°7 p.p.151-169.
- KASSAH (A.) 1993: Tozeur et son oasis: problèmes d'aménagement d'une ville oasienne; *les cahiers d'URBAMA* n°8 p.p.51-75.
- KHALIFA (A.) 1979: Identification et analyse des systèmes de production dans les oasis littorales. Thèse 3e cycle INAT, 146p.
- KILANI (M.) 1986: L'influence de l'Etat dans la transformation du système hydraulique du groupe d'oasis de Gafsa. *Genève-Afrique*, n°2 p.p.7-46.
- MAMOU (A.) 1990 : Caractéristiques, évaluation et gestion des ressources en eau du Sud tunisien. Thèse de doctorat d'Etat sc. Univ. Paris-Sud 542 p.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE - Annuaire des statistiques agricoles
- Enquêtes oasis, depuis 1976
- Enquêtes agricoles de base
- MORVAN (T.) 1993: Nouiel, oasis du Nefzaoua, de la source aux forages illicites. *Les cahiers d'URBAMA* n°8 p.p.29-49
- MZABI (H.) 1993: La Tunisie du Sud-Est: géographie d'une région fragile, marginale et dépendante; Pub. Fac. sc. humaines et sociales Tunis, 685 p.
- R'HOUMA (A.) 1987: les variétés de palmier dattier en Tunisie. *Annales de l'INRAT*, Tunis, n° spécial. 22 p + photos.
- SGHAIER (M.) 1984: Identification et analyse des systèmes de production agricole dans les oasis du Nefzaoua. Thèse 3° cycle INAT, 144 p.
- UNESCO-PNUD 1972: Etude des ressources en eau du Sahara septentrional, rapport sur les résultats du projet, conclusions et recommandations. 78 p. + annexes.
- UNESCO-PNUD 1983: Actualisation de l'étude des ressources en eau du Sahara septentrional, rapport final.

INCIDENCE DE L'EXPLOITATION DES NAPPES DU SUD TUNISIEN DANS LES OASIS SUR LA QUALITE CHIMIQUE DE LEURS EAUX

MAMOU Ahmed(*)

(*): Direction Générale des Ressources en Eau.

Résumé: L'exploitation des eaux souterraines dans les oasis s'est toujours faite dans des conditions d'aisance jusqu'au jour où le développement des superficies irriguées a mis en évidence les limites de ces ressources. Disposant auparavant d'un surplus d'artésianisme qui est souvent utilisé pour le lessivage des sels des sols, ces oasis se trouvent actuellement dans le besoin d'avoir recours aux eaux des nappes phréatiques comme appoint. La surexploitation des nappes profondes est à l'origine de l'affaiblissement de leur artésianisme et de la généralisation du pompage pour pouvoir répondre aux besoins des superficies irriguées. Il en est résulté un appel de plus en plus poussé à travers les épontes de la nappe, d'eaux de plus mauvaise salinité. L'ampleur de ce phénomène est d'autant plus poussée que le débit de la drainance est élevé et que la salinité des eaux drainées est plus forte. Cette situation a été à l'origine de certains choix de gestion de ces nappes qui revenaient plus chers comme l'adduction à partir de zones à moindre risque de salinisation (El Ouediane, Presqu'île de Kébili, Gouifla, etc...) et la recherche d'un appoint à partir de la nappe du Continental intercalaire qui est de loin, plus profonde (1500 à 2500 m). La limitation des nouveaux forages au comblement du déficit des oasis existantes et la mise en place des zones de sauvegarde et d'interdiction sont les deux mesures d'accompagnement visant à réduire le développement des nouvelles mises en valeur aux zones qui ne souffrent pas d'une exploitation intensive des nappes. L'exploitation des nappes phréatiques des oasis a largement contribué à mettre en circulation dans le sol, de nouvelles quantités de sels du fait que l'eau de ces nappes est relativement chargée. Une partie de ces sels retourne à la nappe phréatique dont l'alimentation est essentiellement assurée par les eaux de drainage. Avec la baisse de la pression de la nappe profonde, l'eau de la nappe phréatique subit une drainance de plus en plus forte et contribue ainsi à la salinisation des niveaux aquifères sous-jacents. Ainsi, le devenir du milieu oasien s'avère largement conditionné par la gestion des ressources en eau au sein des oasis et si auparavant la présence de l'eau y constituait un facteur limitant du développement, de nos jours, la gestion irrationnelle de ces ressources est de nature à devenir un facteur de déséquilibre de ce milieu.

1- Introduction

En milieu oasien du Sud tunisien, l'eau des nappes souterraines est la seule ressource permettant de faire face aux besoins de l'irrigation et des différents usages domestiques. L'exploitation de cette ressource a connu une évolution qui est intimement liée à celle des techniques de forage des puits profonds dépassant souvent les 200 m et de pompage de quantités en eau de plus en plus élevées.

L'exploitation de l'eau de ces nappes se faisait jusqu'à la fin du dernier siècle, à partir de sources jaillissantes ou de foggaras creusées à flanc de montagne en profitant d'une certaine disposition favorable à l'écoulement de la nappe. Les puits n'intervenaient que sporadiquement dans cette exploitation et pour de faibles profondeurs n'intéressant que les nappes phréatiques.

Avec l'amélioration des techniques de forage par l'adoption des méthodes utilisées dans le domaine de l'exploration minière puis pétrolière (forage à battage puis par rotation), le forage d'eau a pu atteindre des performances dépassant les cent premiers mètres sous la surface du sol. Ainsi, des nappes jugées auparavant profondes, ont pu être mises en exploitation. Cette exploitation a été faite en première phase, en ayant recours au jaillissement naturel des eaux par artésianisme. Le pompage n'a été adopté que par la suite quand les moyens de puisage de l'eau à partir d'une certaine profondeur, sont devenus performants.

2- Evolution de l'exploitation des nappes du Sud tunisien

Le premier forage d'eau creusé dans le Sud tunisien remonte à 1885 (BOUSQUET M. 1947). Il a été réalisé dans le domaine Lesseps à Oued El Maleh (Métouia-Gabès). La création des forages d'eau dans le Sud tunisien a été relativement lente au départ du fait que le débit donné par les sources était relativement abondant et que la technique de forage était encore chère et peu maîtrisée. Ainsi, le premier forage dans la Nefzaoua, n'a été réalisé à Kébili, qu'en 1907 et dans le Djérid à Tozeur, qu'en 1911 (MAMOU A., 1976).

La création de nouveaux forages dans les oasis du Sud tunisien, s'est beaucoup accélérée à partir du début des années 70. (Figure N°1). Ainsi, l'effectif des forages exploités a atteint en 1993, dans l'ensemble du Sud tunisien (DRE, 1993), les 830 forages qui exploitent un volume de 606 Mm³/an (Tableau N°1).

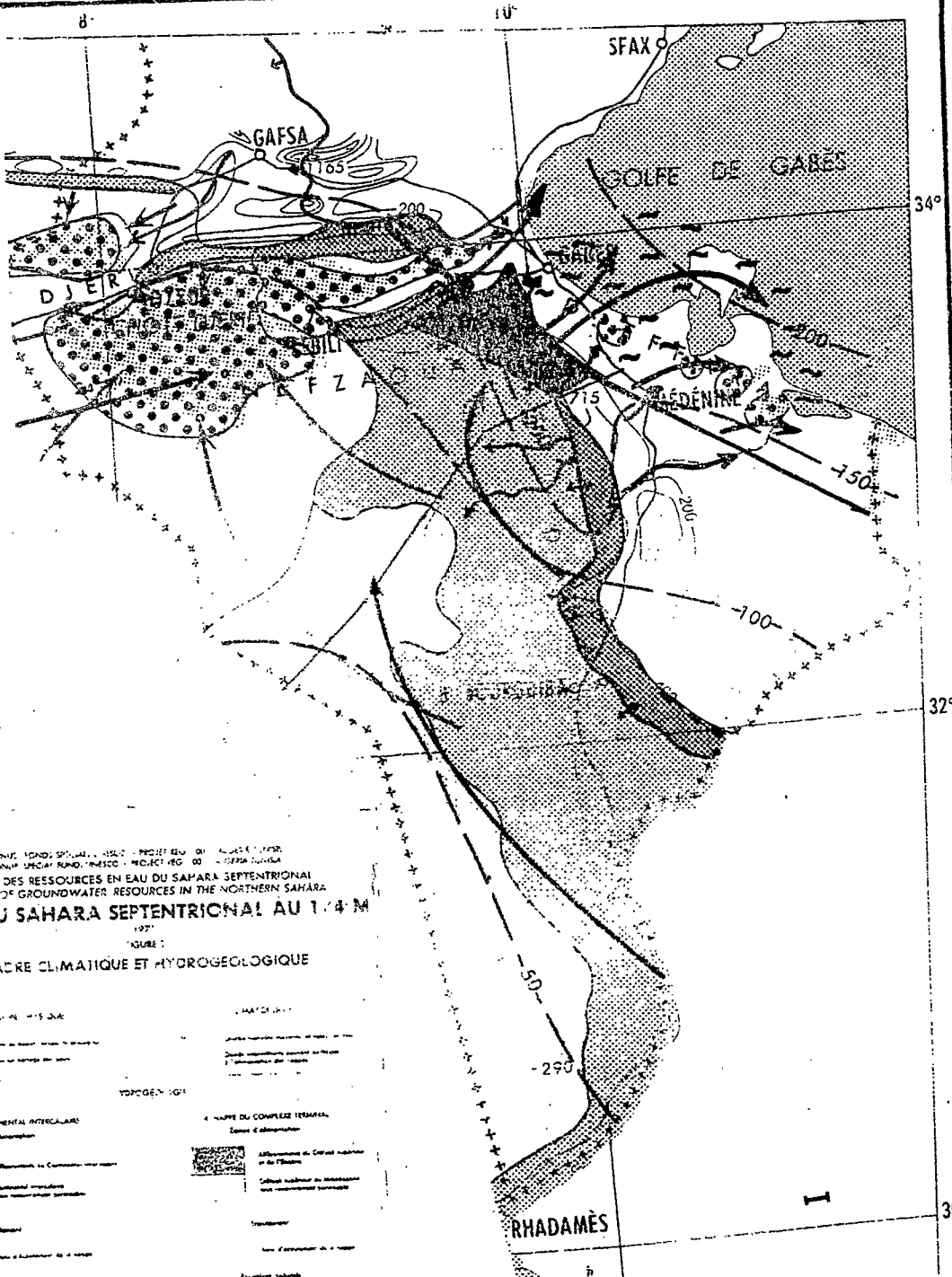
Cette augmentation du nombre de forages s'est faite en parallèle avec l'accroissement des besoins en eau suite à l'extension de la superficie des périmètres irrigués et du fait que l'eau y a été considérée à la base de tout développement dans ces contrées. A l'exception des nappes phréatiques, dont les ressources ne contribuent qu'à raison de 11% des ressources en eaux utilisées dans le Sud tunisien (MAMOU A. 1990), les autres ressources aquifères exploitées dans cette région proviennent des nappes profondes dont le renouvellement des réserves est très faible au point qu'il y a lieu de les considérer comme fossiles. En effet, les eaux du Continental intercalaire qui est la plus profonde dans cette région, présentent un taux de renouvellement de $5,1 \cdot 10^{-5}$. Celles du Complexe terminal ont un taux de renouvellement de $1,6 \cdot 10^{-5}$ et celles de la nappe côtière de la Djéffara, un taux de renouvellement de $2,5 \cdot 10^{-3}$ (Tableau N°2).

Tableau N°1: Situation de l'exploitation des nappes profondes du Sud Tunisien (1992)

Gouvernorat	Nombre de forages	Débit global (Mm ³ /a)	Exploitation/point d'eau						Exploitation/secteur		
			Artésianisme		pompage		sources		Agriculture	A.E.P.	Industrie
			Mb	Q	Mb	Q	Mb	Q			
Gafsa	140	59,73	7	1,4	133	47,3	4	10,9	29,9	13,1	16,7
Tozeur	155	158,85	38	41,3	117	117,5	-	-	148,2	2,5	8,1
Kébili	218	250,93	142	191,8	76	58,2	11	0,9	246,1	4,3	0,5
Gabès	160	109,82	68	55,3	92	52,8	10	1,5	81,7	24,9	3,2
Medénine	61	25,10	-	-	61	25,1	-	-	8,1	16,5	0,5
Tataouine	56	12,27	11	11,0	45	1,2	-	-	4,3	0,5	7,5
Total	790	616,7	266	300,8	524	302	25	13,3	518,3	61,9	36,5
Pourcentage	100 %	100 %	33,6 %	48,8 %	66,4 %	49 %	2,2	84 %	10 %	6 %	

Tableau n°2: Hydrodynamisme des nappes du Sud tunisien (MAMOU A., 1990)

Nappe	Réserves régulatrices (Mm ³ /an)	Réserves totales (Mm ³ /an)	Taux de renouvellement	Période de renouvellement	Observations
Continental intercalaire	269	$525 \cdot 10^5$	$5,1 \cdot 10^{-5}$	19 à 20000	Exploitation minière
Complexe terminal	584	$357 \cdot 10^4$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	5 à 6000	Exploitation minière
Djéffara	195	$77,8 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^{-3}$	4 à 500	Expl. min.
Aquifères secondaires	1 à 15	10 à 150	1 à 10 %	10 à 150	Renouvellement pluri-annuel et expl. des rés. régul.
Nappes phréatiques	1 à 10	10 à 150	1 à 6 %	7 à 12	



TRAVAIL SPÉCIAL... PROJET...
 ETUDE DES RESSOURCES EN EAU DU SAHARA SEPTENTRIONAL
 SURVEY OF GROUNDWATER RESOURCES IN THE NORTHERN SAHARA
CARTE DU SAHARA SEPTENTRIONAL AU 1:4 M
 1971

CADRE CLIMATIQUE ET HYDROGÉOLOGIQUE

A. MAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE
 Zones d'altération

B. MAPPE DU COMPLEXE TERNAL
 Zones d'altération

C. MAPPE DE LA ZONE COUVERTE DU SUD TUNISIEN
 Zones d'altération

LEGÈNDE

● OCEAN

Travail de la Commission de l'Énergie Atomique de l'Organisation pour la Méditerranée

FIGURE N° 1

Les aquifères secondaires et les nappes phréatiques, dont les ressources (158.10^6 m³/an) ne contribuent dans le Sud tunisien, qu'à raison de 18 % de l'exploitation actuelle, sont pratiquement les seules ressources en eau renouvelables de la région. Leur taux de renouvellement pluriannuel est de l'ordre de 1 à 10 %.

3- Incidence de l'exploitation sur l'hydrochimie des nappes du Sud tunisien

Avec une exploitation continuellement croissante et un taux de renouvellement relativement faible, les principales nappes du Sud tunisien se retrouvent de nos jours, soumises à un régime d'exploitation avec des prélèvements qui dépassent leur réserves régulatrices. Cette exploitation n'a pas manqué d'influencer la qualité chimique de leurs eaux par l'un des deux phénomènes suivants:

1- Appel d'eau à partir de niveaux plus salés: Ce phénomène d'intrusion saline a pour origine l'eau de la mer et celle des dépressions salées (chotts et Sabkhets). Il est d'autant plus grave que la drainance est forte. Ceci est particulièrement le cas des nappes phréatiques en contact avec les dépressions salées: nappes d'El Guettar, de Chott El Rharsa Nord, de Ben Guerdane, de la Presqu'île de Kébili et de Redjem Maatoug, etc...) ou avec la mer (nappes de Jerba, de Zarzis, de Gabès-Sud, de Gabès Nord, etc...). Les nappes profondes qui ont subi ce phénomène sont celles dont l'exploitation est intensive et la baisse de leur piézométrie est importante.

2- Drainance au sein du système aquifère: Dans la plupart des cas, les nappes en eau du Sud tunisien sont disposées en systèmes à plusieurs niveaux aquifères dont l'hydrodynamisme est régi par des échanges de pression et l'ampleur de la drainance y est fonction de l'exploitation et de la perméabilité verticale à travers les épontes de la nappe. Les différents niveaux aquifères au sein de ces systèmes sont hydrochimiquement nettement différenciés. L'intensification de leur exploitation a été à l'origine d'appel d'eau au sein du même système aquifère. Elle fait évoluer à long terme, la salinité de l'eau, vers des valeurs moyennes qui intègrent l'ensemble de celles des niveaux adjacents. Ceci est particulièrement le cas des trois principales nappes profondes du Sud tunisien qui sont le Continental intercalaire, le Complexe terminal et la Djeffara.

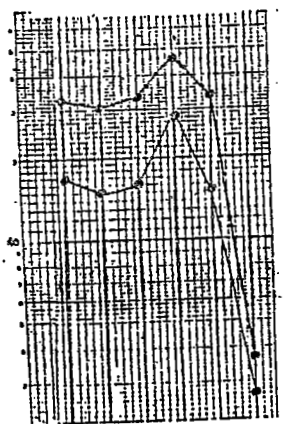
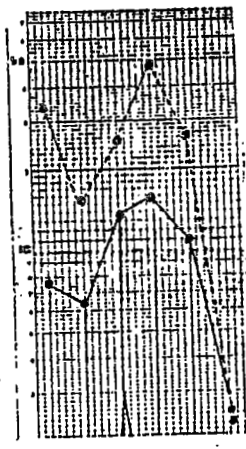
3-1 Nappe du Complexe terminal: La nappe du Complexe terminal est connue dans le Sud tunisien, au niveau de la Nefzaoua et du Djérid. Dans la Nefzaoua, elle est logée dans les calcaire du Crétacé supérieur (Turonien et sables mio-pliocènes) et au Djérid, dans les sables miocènes. Cette nappe est soumise à deux sources de dégradation de la qualité chimique de son eau qui sont l'eau du Continental intercalaire au niveau de la presqu'île de Kébili (Nefzaoua) et d'El Ouediane (Djérid), et celle de la nappe phréatique des chotts Djérid, Fedjej et El Rharsa. En examinant les salinités de l'eau de la nappe du Complexe Terminal dans le Djérid et dans la Nefzaoua (MAMOU A., 1976), il apparaît que ces salinités évoluent comme suit: L'eau des forages a pour origine la partie la plus profonde et la plus perméable de l'aquifère; elle est la moins salée. Celle des sources se fraye un chemin plus long à travers la couverture imperméable à l'occasion des passages latéraux de faciès et des accidents tectoniques; elle présente une salinité intermédiaire entre celles des forages et des puits (Figure N°2).

L'eau de la nappe phréatique exploitée par les puits de surface résulte quant à elle, de la drainance des niveaux aquifères en charge ainsi que de l'infiltration d'eau d'irrigation (eau des sources et des forages) et des pluies. Sa salinité est la plus élevée. Cette stratification chimique de l'eau au sein de la nappe traduit les caractéristiques hydrodynamiques du système aquifère du Complexe Terminal qui est régi dans les niveaux profonds captés par forages, par la pression de sa mise en charge et par la gravité dans la partie superficielle exploitée par les puits de surface. Cette situation sera maintenue tant que la pression de la nappe des calcaires est suffisamment élevée pour contre-balancer l'appel d'eau à partir du niveau phréatique. Avec l'intensification de son exploitation, cette nappe a enregistré dans la presqu'île de Kébili (Nefzaoua) et à el Ouediane (Djérid), une baisse sensible de sa piézométrie qui semble être à l'origine de l'augmentation de la salinité de l'eau des forages.

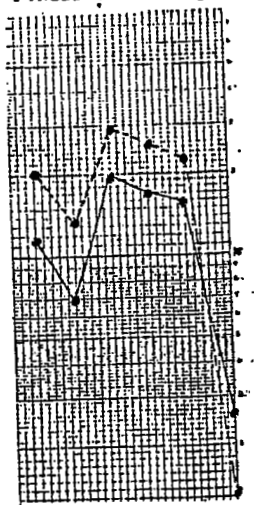
FIGURE N° 2

EVOLUTION VERTICALE DE LA COMPOSITION CHIMIQUE
DES EAUX DU C.T. DU DJERID...

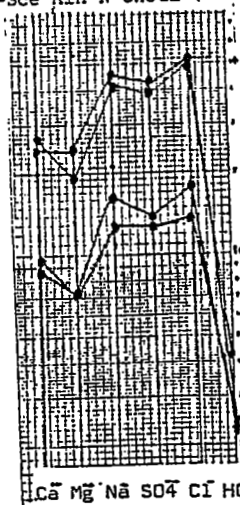
- NEFTA**
 — F.Nefta 1 n° IRH 8262/5
 — Sce Ain Sania eI Kebira n°IRH 8850/5
- TOZEUL**
 — F.Tozeur 2(n°IRH 8405/5)
 — F.Tozeur 5(n°IRH 18650/5)
 — Sce Ain Gazel (n°IRH 1802/5)
 — P.Hassen B.Haffa (124)
 — P.Hassen Sekouk (122)
- CASTILLA**
 — F.Castilla 3-(n°IRH 14366/5)
 — P.Hmad B. Hareth

Ca Mg Na SO₄ Cl HCO₃Ca Mg Na SO₄ Cl HCO₃Ca Mg Na SO₄ Cl HCO₃

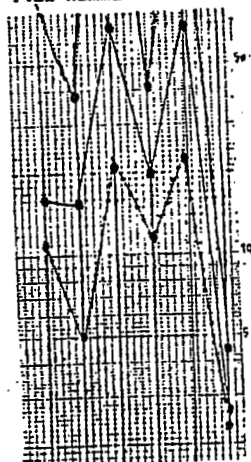
- GHERDGAIA**
 — F Gherdgaia 4 (13346/5)
 — P.Nesr Ouled Hadj (117)

Ca Mg Na SO₄ Cl HCO₃

- EL HAMMA**
 — F.El Hamma 1 (522)
 — F.El Hamma 15
 — F.Chakmou 3
 — Sce Ain N'Choua (831)

Ca Mg Na SO₄ Cl HCO₃

- TAZRARIT**
 — F.Tazrarit (18660/5)
 — Sce Tazrarit (1754)
 — F.El Hamma CI 1-100

Ca Mg Na SO₄ Cl HCO₃

L'exploitation de la nappe du Complexe terminal dans ces deux régions, était jusqu'au début des années 1950, du même ordre de grandeur de ses ressources renouvelables. Ce n'est qu'à partir du début des années 1960 que les prélèvements sur les réserves géologiques ont commencé à devenir sensibles (ERRES, 1972b).

En effet, ces prélèvements qui étaient de $0.09 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1950, sont passés à $0.4 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1970 pour atteindre $1.11 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1980 puis $2.9 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1990. Cette tendance vers l'accroissement des prélèvements sur les réserves géologiques s'est largement intensifiée entre 1980 et 1990. Elle s'est traduite par un début d'altération de la qualité chimique de l'eau de la nappe dans les zones où la drainance est la plus forte (Figure N°3).

C'est plus particulièrement le cas de la presqu'île où certains paramètres comme la proximité du Chott Djérid et la réduction de l'épaisseur de la couverture plio-quaternaire, ont favorisé l'appel d'eau salée du chott (50 à 350 g/l. Cette évolution chimique est mise en évidence au niveau du forage de Taourgha qui a commencé à être exploité depuis 1951 (Figure N°4).

Dans cette région de la Nefzaoua, la nappe du Complexe terminal présente la plus faible pression de jaillissement et les passages latéraux de faciès au sein de l'aquifère, sont de règle. La continuité avec la nappe du Chott semble être à l'origine de l'appel d'eau salée et de l'augmentation de la salinité au sein de cet aquifère. En effet, l'eau de la nappe du Complexe terminal a accusé dans cette région, depuis que sa salinité s'est accrue, un changement de faciès en passant du sulfaté calcéosodique vers le chloruré sodique, qui est celui de l'eau de la nappe du Chott.

3-2 Nappe du Continental intercalaire: La nappe du Continental intercalaire a commencé à être exploitée par forages dans le Sud tunisien en 1951 avec la création du forage de Ksar Rhilane (N°BIRH:5717/5). Cette exploitation est restée jusqu'à 1981, relativement faible et inférieure à 500 l/s. elle a progressé par la suite pour atteindre 1500 l/s en 1985 et 2300 l/s en 1993 (figure N°5). La fraction des ressources renouvelables de cette nappe est constituée par l'alimentation se produisant sur le Dahar qui a été évaluée à 1990 l/s (ERRES, 1972a). Les prélèvements actuels sur les réserves géologiques de cette nappe sont relativement faibles; il n'est pas attendu que son hydrochimie subisse des changements notables dans les zones de prélèvement surtout que l'essentiel de ces prélèvements se produit dans les parties les plus confinées de la nappe (MAMOU A. 1990).

Toutefois, il y a lieu de constater que la nappe du Continental intercalaire se présente en réalité, sous forme d'un système à plusieurs niveaux aquifères qui se différencient par leurs caractéristiques hydrodynamiques. Ces niveaux aquifères se distinguent plus particulièrement, par leur mise en marche, qui est d'autant plus élevée que la nappe est mise en charge et qu'elle est plus éloignée de l'aire d'alimentation.

L'intensification de l'exploitation des différents niveaux aquifères du Continental intercalaire est de nature à favoriser l'appel d'eau des niveaux aquifères adjacents à la strate exploitée et à homogénéiser après une longue période d'exploitation, la qualité chimique des différents niveaux aquifère qui sont en communication. Ce phénomène est rendu plus sensible par l'aspect lenticulaire des formations sablo-argileuses de certaines couches aquifères au sein du réservoir du Continental intercalaire.

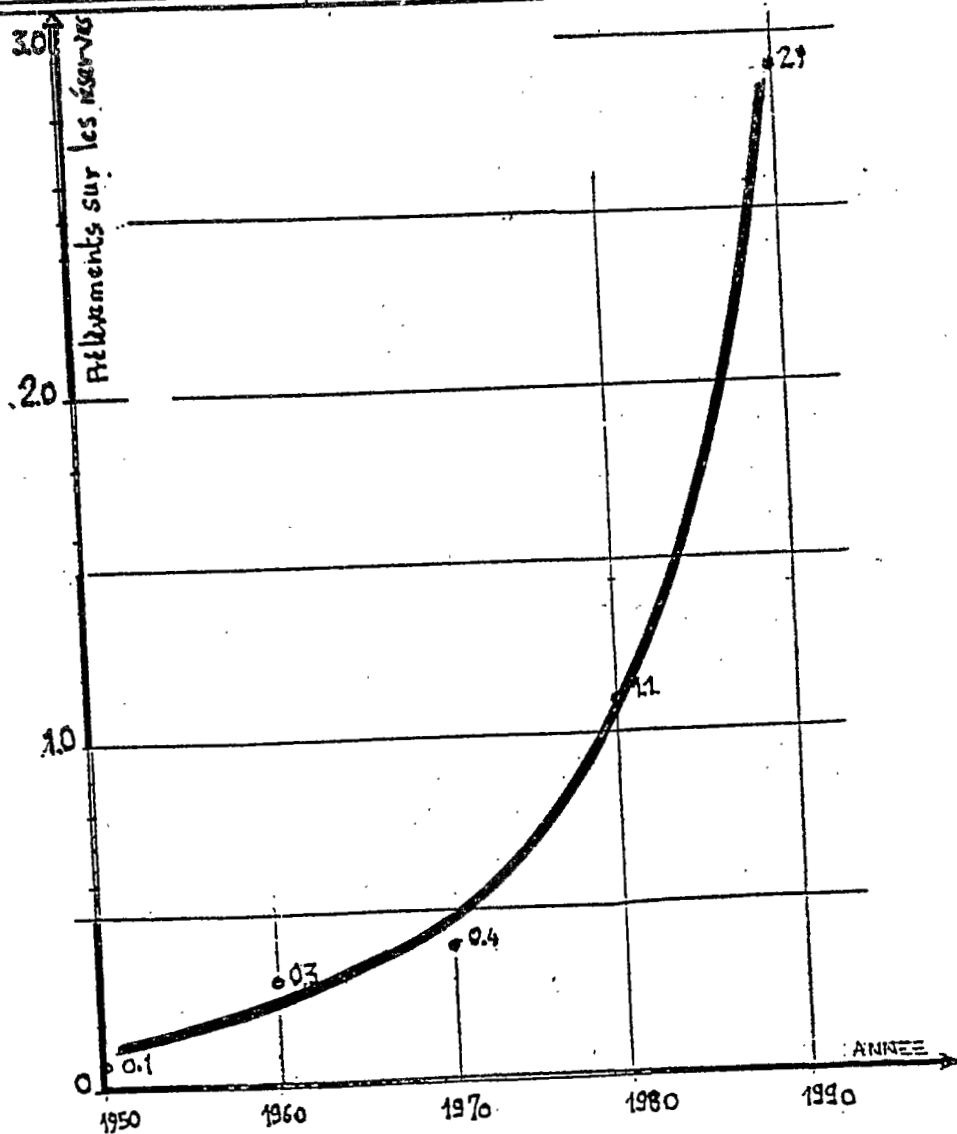
3-3 Nappe de la Djéffara: La nappe de la Djéffara s'étendant sur l'ensemble de la plaine côtière de Gabès et de Médenine, était jusqu'au début des années 70, principalement exploitée à l'aide des sources et des forages jaillissants (ERRES, 1972c). Avec la multiplication des forages, cette exploitation qui était de 2400 l/s en 1950, a nettement augmenté par la suite, pour atteindre 3260 l/s en 1980 et 3640 l/s en 1992 (DRE, 1993)

L'alimentation de la nappe de la Djéffara a deux origines qui sont: **l'infiltration sur les bordures** à partir des eaux de pluies à raison de 1,8 à $0,96 \text{ m}^3/\text{s}$ (ERRES, 1972) et **l'abouchement avec la nappe du Continental intercalaire** du Chott Fedjej au niveau de la faille d'El Hamma à raison de 3,6 à $4,5 \text{ m}^3/\text{s}$ (PNUD, 1984). Il apparaît ainsi que plus de la moitié de l'alimentation de cette nappe provient d'une eau fossile.

Cette alimentation souterraine d'origine tectonique, a donné à l'eau de la nappe de la Djéffara, le même faciès chimique que celui de l'eau du Continental intercalaire (MAMOU A., 1984).

FIGURE N° 3 Bilan du Complexe terminal du Sud tunisien
entre 1950 et 1990 en $m^3.S^{-1}$

	1950	1960	1970	1980	1990
Entrées :					
- Alimentation en bordures	6,83	6,78	6,97	7,71	8,13
- Alimentation imposée	1,27	1,27	1,27	1,27	1,27
	7,80	8,05	8,24	8,98	9,40
Sorties :					
- Débit des sources et percolation verticale	6,46	6,22	5,77	4,35	1,5
- Débit des farages	1,15	2,15	2,87	5,74	19,2
	7,61	8,37	8,64	10,09	12,5
Prélèvement sur les réserves	0,09	0,32	0,40	1,11	2,9



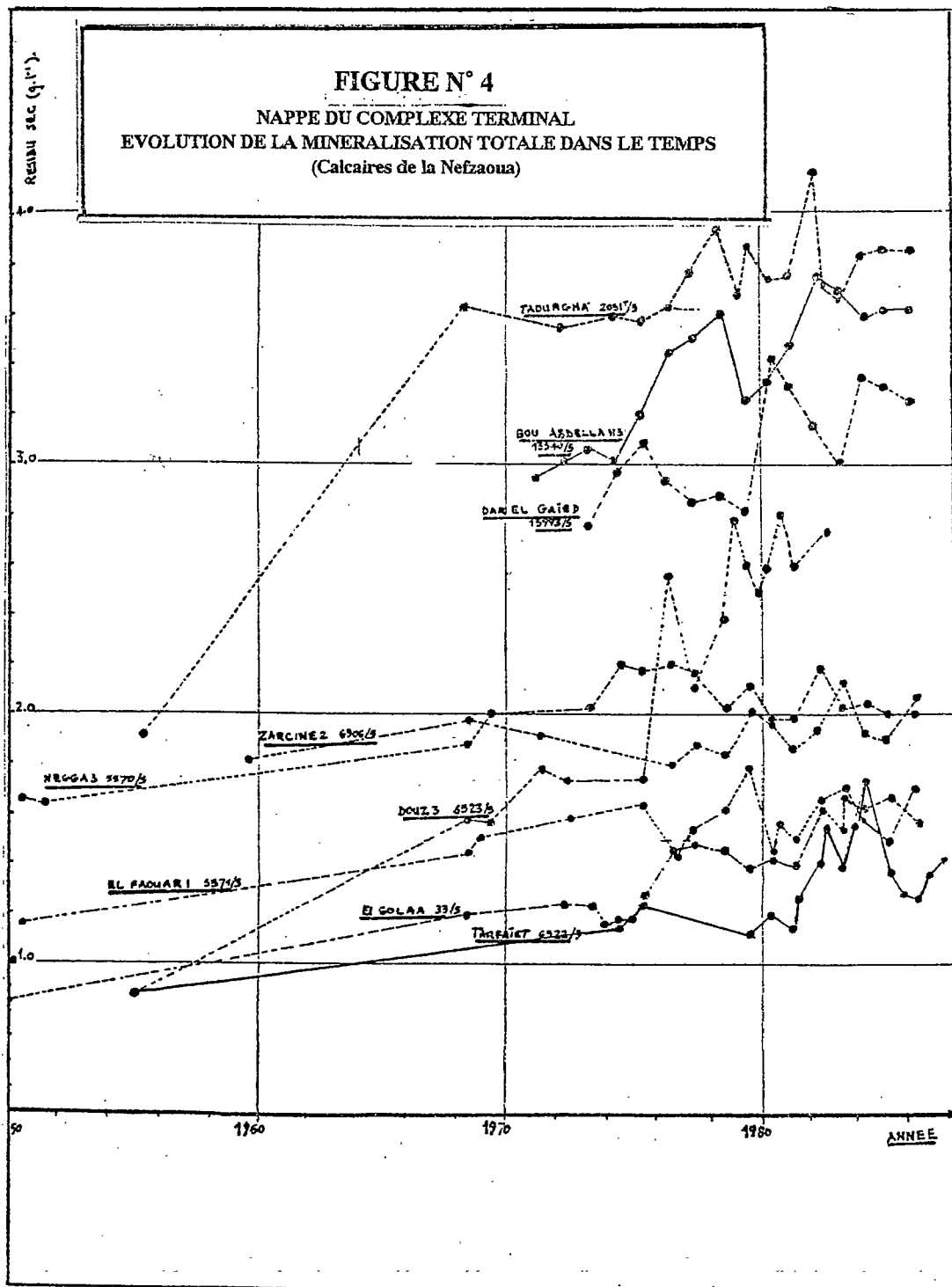
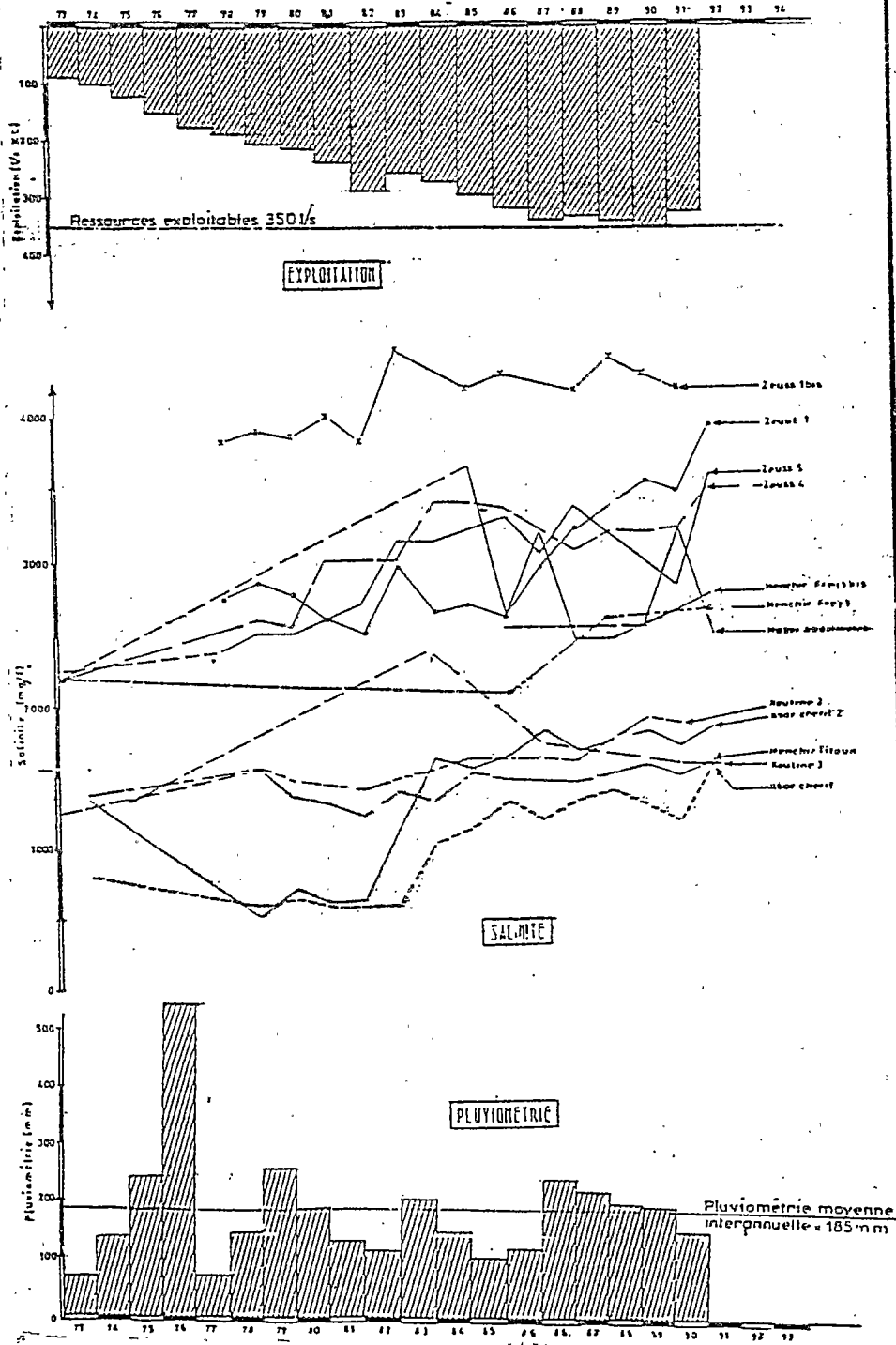


FIGURE N° 6

EVOLUTION DES NIVEAUX PIEZOMETRIQUES ET DE LA SALINITE DES FORAGES CAPTANTS, LA NAPPE ZEUSS-KOUTINE (1974-1991)



L'alimentation à partir des eaux pluviales sur les bordures du bassin ne semble pas avoir subi de variation notable avec le temps du fait que le régime pluvio-hydrologique de la région n'a connu aucune modification. Par contre, l'alimentation à partir du Continental intercalaire à travers le seuil d'El Hamma, n'a cessé de se réduire à la suite de l'intensification de l'exploitation de cette nappe en amont de l'exutoire du chott Fedjej. Cette alimentation, qui était de l'ordre de $3,6 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1950, n'est plus en 1992 que de l'ordre de $2,6 \text{ m}^3/\text{s}$. Elle est appelée à s'atténuer davantage pour atteindre en 2010, la valeur de $2,1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Il apparait ainsi que les prélèvements sur les réserves géologiques de la nappe de la Djefara ont été entamées à partir des années 60. Ces prélèvements sont passés de $1,34 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1960 à $1,55 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1980 puis à $1,7 \text{ m}^3/\text{s}$ en 1990 pour atteindre $2,31 \text{ m}^3/\text{s}$ en 2010 (Tableau N°3).

Tableau N°3 : Bilan hydraulique de la nappe de la Djefara d'après les simulations numériques (ERRES, 1972, PNUD, 1989)

ANNEE	1950	1960	1970	1980
ENTREES :				
- alimentation par infiltration	0,96	0,96	0,96	0,96
- alimentation à partir du C.I.	3,6	3,4	3,15	2,85
- prélèvements sur les réserves	0	0,39	0,7	1,0
SORTIES :				
- Percolation et exutoire	2,16	1,95	1,75	1,55
- Exploitation	2,4	2,8	3,06	3,26
Total	4,56	4,75	4,81	4,81

Cette situation a été à l'origine de changements notables dans la qualité chimique de l'eau de cet aquifère multicouche dans les zones qui sont à faible charge piézométrique. Ceci est particulièrement le cas au niveau de Gabès-Nord, de Gabès-Sud et Zarzis-Jerba.

3-3-1 Région de Gabès-Nord: Dans la région de Gabès-Nord, la nappe de la Djefara est logée au sein de sables miocènes qui sont en continuité hydraulique avec les calcaires sénoniens et turoniens. Le toit de la nappe est de faible épaisseur (30 à 80 m) dans la zone allant de Bou Chemma à Oued et Akarit (BEN BACCAR B. 1987) et il admet des intercalations sableuses qui lui confèrent par endroits, les caractéristiques d'un semi-perméable. La communication hydraulique avec les formations aquifères sous-jacentes, est souvent assurée par l'intermédiaire d'accidents tectoniques mettant en abouchement certains niveaux aquifères dont les eaux sont à des salinités différentes. L'intensification de l'exploitation de cette nappe depuis le début des années 70 a largement favorisé la baisse de sa pression de jaillissement au point que la quasi-totalité des sources de cette région ont tari. Ceci est particulièrement le cas des sources de l'oasis de Gabès dont le débit était au début des années 70 de l'ordre de 400 l/s et qui sont depuis 1983, complètement à sec (MAMCOU A., 1990). Cette baisse est traduite dans l'ensemble de la région par une altération de la qualité chimique de l'eau qui est d'autant plus sensible que le toit de la nappe est de faible épaisseur et que la mer ou des sebkhas sont proches. L'augmentation de la salinité de l'eau est caractérisée par une polarité chlorurée-sodique mettant en évidence l'origine superficielle de la drainance.

3-3-2 Région de Gabès-Sud: Dans la région de Gabès-Sud, la nappe de la Djefara est logée dans différentes formations calcaires du Sénonien, du Turonien, de l'Albo-Aptien et du Jurassique. A l'exception de la région de Zeus-Koutine où les formations aquifères

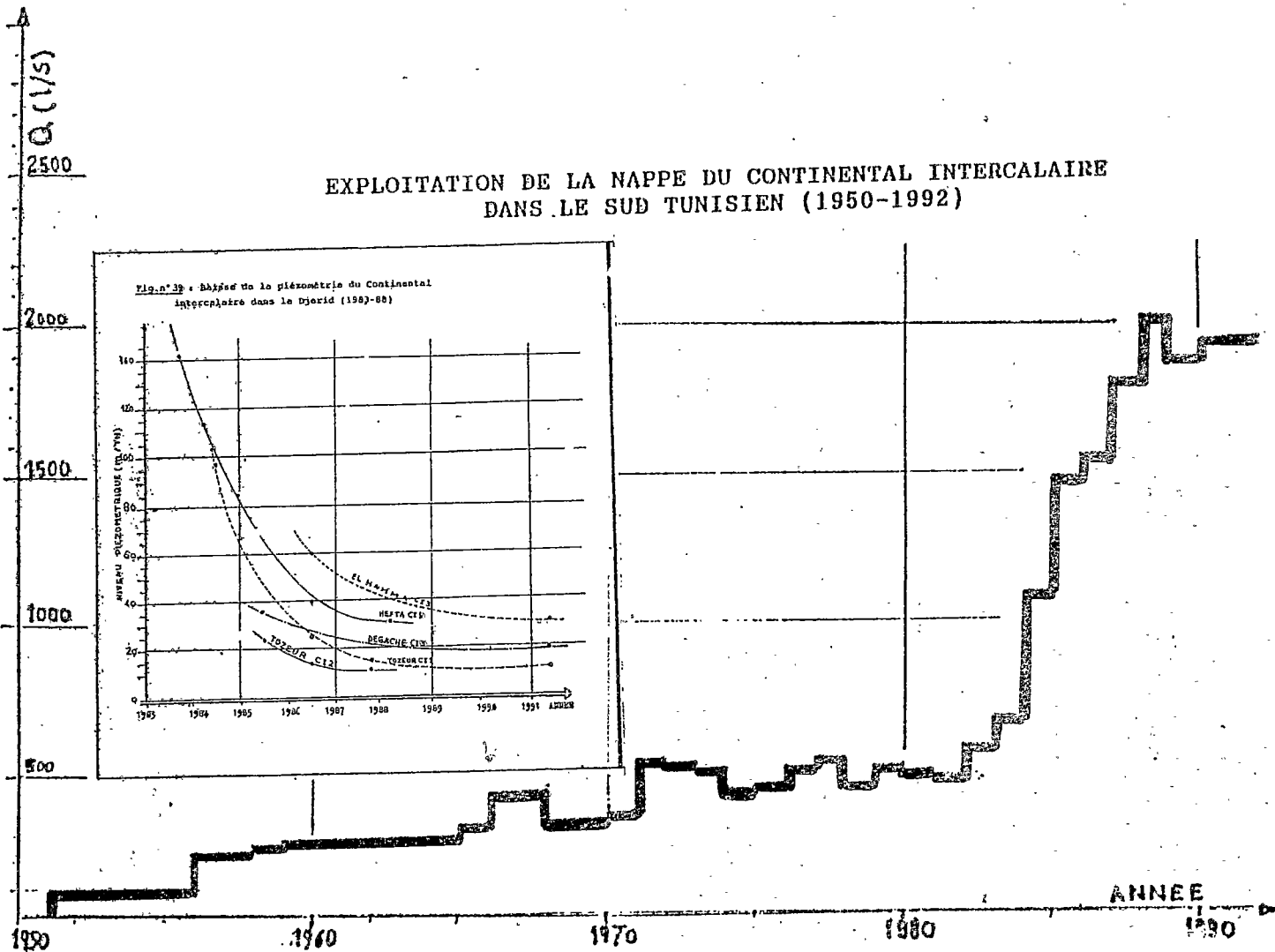
affleurent, dans les autres zones le toit de la nappe est relativement épais (100 à 400 m) et souvent parfaitement imperméable (ROUATBI R., 1971 & BEN BACCAR B., 1982).

A Zeus-Koutine, la nappe de la Djeffara est logée dans les calcaires du Jurassique supérieur qui sont en abouchement avec les calcaires sénoniens de la région de Mareth (BEN BACCAR B. 1980). L'alimentation de la nappe dans cette zone, est d'origine mixte ; elle est souterraine à partir du Ségui de Mareth et superficielle à partir des eaux pluviales sur l'aire d'affleurement des calcaires aquifères. Ces deux types d'alimentation sont à l'origine d'une stratification de l'eau au sein de la nappe avec les eaux moins denses (plus douces) en surface et des eaux saumâtres (plus salées) en profondeur.

La mobilisation des eaux de Zeus-Koutine a été entamée en 1974 et elle ne cesse de s'accroître pour avoisiner les ressources renouvelables de cette région estimées à 350 l/s. Cet accroissement de l'exploitation s'est accompagné d'une baisse sensible de la piézométrie et d'une nette augmentation de la salinité de l'eau de la nappe (Figure N°6). Ces phénomènes se sont accentués ces dernières années, suite à l'épisode de la pluviométrie déficitaire qu'a connu la région.

3-3-3 Région de Zarzis-Jerba: Dans la région de Zarzis-Jerba, la nappe de la Djeffara est logée dans les formations sableuses du Miocène dont le toit est souvent entre 150 et 350 m de profondeur. Le toit argileux de cette nappe admet des intercalations sableuses et sablo-argileuses qui facilitent la drainance entre les niveaux superficiels et la nappe (MAMOU A., 1990). Cette drainance n'a pas manqué de se manifester dès que l'exploitation des réserves géologiques de la nappe ont commencé à être sollicitées. En effet, suite à la baisse sensible des débits de jaillissement des forages et le passage progressif vers le pompage dans plusieurs zones, la salinité de l'eau de la nappe a accusé une certaine augmentation pour atteindre dans l'ensemble de la région, les valeurs de 4 à 6 g/l (DANIEL J.M., 1967 & YAHYAOUÏ H., 1983). La polarité chimique de l'eau est dominée par le chlorure de sodium elle ne laisse aucun doute sur l'origine superficielle de cette drainance.

EXPLOITATION DE LA NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE
DANS LE SUD TUNISIEN (1950-1992)



4 - Conclusion:

Les principales nappes du Sud tunisien sont des systèmes aquifères multicouches, souvent captifs et dont le taux de renouvellement actuel est relativement faible.

L'exploitation des nappes souterraines dans les oasis du Sud tunisien, s'est faite jusqu'au milieu des années 70, dans des conditions d'aisance avec des prélèvements inférieurs aux ressources régulatrices. Le jour où le développement des superficies irriguées a mis en évidence les limites de ces ressources, le surplus d'artésianisme qui était auparavant utile pour le lessivage des sels des sols, a accusé une tendance vers l'affaiblissement.

Ces oasis se sont trouvées ainsi, dans le besoin d'avoir recours au pompage et parfois même aux eaux des nappes phréatiques plus salées, comme appoint. Depuis, les prélèvements sur les réserves géologiques des nappes profondes n'ont cessé de s'accroître causant ainsi la généralisation de la drainance au sein du même système aquifère et à partir des aquifères adjacents en même temps que l'accumulation des sels dans le sol et au niveau de la nappe phréatique.

La surexploitation des nappes profondes dans cette région, a été à l'origine de la disparition de l'artésianisme dans plusieurs zones et de la généralisation du pompage au niveau de la Djeffara, du Djérid et de la Nefzaoua. L'ampleur de l'accroissement de la salinité au sein de cette nappe, est d'autant plus poussée que le débit de la drainance est élevé et que la salinité des eaux drainées est plus forte.

Cette situation a été à l'origine de certains choix de gestion de ces nappes qui revenaient plus chers comme l'adduction à partir des zones à moindre risque de salinisation (El Ouediane, Presqu'île de Kébili, Gouifla, etc...) et la recherche d'un appoint à partir de la nappe du Continental intercalaire qui est de loin, plus profonde (1500 à 2500 m).

La limitation des nouvelles créations de forages au comblement du déficit des oasis existantes et la mise en place des zones de sauvegarde et d'interdiction, sont les deux mesures d'accompagnement visant à réduire la baisse piézométrique et la dégradation de la qualité chimique de l'eau au sein de cette nappe. La création de nouvelles mises en valeur est ainsi limitée aux zones qui ne souffrent pas d'une exploitation intensive (Draa-nord et Rejim Maatoug).

L'exploitation des nappes phréatiques des oasis a largement contribué à mettre en circulation dans le sol, de nouvelles quantités de sels du fait que l'eau de ces nappes est relativement chargée. Une partie de ces sels retourne à la nappe phréatique dont l'alimentation est essentiellement assurée par les eaux de drainage. Avec la baisse de la pression de la nappe profonde, l'eau de la nappe phréatique subit une drainance de plus en plus forte et contribue ainsi à la salinisation des niveaux aquifères sous-jacents.

Ainsi, le devenir du milieu oasien du Sud tunisien, est largement conditionné par la gestion des ressources en eau et si auparavant la présence de l'eau y constituait un facteur limitant du développement, de nos jours, la gestion irrationnelle de ces ressources est de nature à devenir un facteur de déséquilibre du milieu.

L'intensification de l'exploitation de ces ressources, qui n'a cessé de s'accroître pour mobiliser en plus des réserves régulatrices des nappes profondes, leurs réserves géologiques, s'est traduite au niveau de la qualité chimique de leurs eaux par:

- Une homogénéisation des salinités au sein de ces systèmes aquifères,
- Un appel d'eau salée par drainance à travers les épontes dont l'ampleur va en croissant avec l'augmentation de l'exploitation,

Cette situation est de nature à mettre en péril les eaux de ces nappes ainsi que les sols qui en sont irrigués à cause de la dégradation de leur qualité chimique, si l'exploitation n'est pas rationalisée. Cette rationalisation est conçue sous forme d'une **gestion contrôlée** de l'exploitation de ces nappes. Cette gestion se fera sur la base d'un suivi continu des prélèvements exploités ainsi que de celui de la piézométrie et de la salinité de la nappe. La répartition spatiale des prélèvements se fera à la lumière de simulations qui permettent d'assurer les baisses piézométriques les plus faibles.

BIBLIOGRAPHIE

BEN BACCAR N., (1980): Effet de l'augmentation de l'exploitation dans la nappe de Zeuss-Koutine, Mars 1980.

DRE-Gabès, Mars 1980, 28 p. 2 tabl. 8 pl.

BEN BACCAR B., (1982 a): Contribution à l'étude hydrogéologique de l'aquifère multicouche de Gabès Sud. Thèse de 3ème cycle, soutenue à l'université de Paris-Sud le 16/6/82.

BEN BACCAR B., (1987 b): Evolution de l'exploitation et de la piézométrie des nappes de Djefara de Gabès, 1973-86.

DRE-Tunis, Juillet 1987, 15 p., 6 fig.

BOUSQUET R., (1947): Aperçu et perspectives sur les sondages de recherche et d'exploitation d'eau en Tunisie. Direction des T.P., B.I.R.H.- Tunis, 1947

DANIEL J.M., (1967): Etude des répercussions d'exploitation de longue durée sur un système artésien. Etude de l'évolution de l'exploitation de la nappe artésienne de Zarzis-Djerba.

Chron. Hydrogeol. BRGM, N°11, Juin 67, pp. 103-120

DRE (1993): Annuaire de l'exploitation des nappes profondes 1992.

DGRE Tunis, 1993, 241 p.

ERESS (1972b): Nappe du Continental intercalaire, plaquette N°2, UNESCO, Paris, 1972, 47 p. tabl. 12 pl.

ERESS (1972c): Nappe du Complexe terminal, plaquette N°3, UNESCO-Paris 1972, 59 p. tabl. 8pl.

ERESS (1972d): Nappe de la zone côtière du Sud tunisien (Djefara), modèle analogique, plaquette N° 4, UNESCO, 1972.

MAMOU A. (1976): Contribution à l'étude hydrogéologique de la Presqu'île de Kébili.

Thèse de 3ème cycle en Science de l'Eau présentée à l'Univ. de P.& M. Curie le 26/04/76; 107 p.20 fig., Annexes.

MAMOU A., (1984): Nappe de la Djefara. Caractéristiques hydrogéologiques et exploitation. DRES-Gabès, Juillet 1984.

MAMOU A., (1990): Thèse de Doctorat d'Etat. Caractéristiques et évaluation des ressources en eau du Sud tunisien. Tunis, DGRE, Juin 1990. 426p. 126 fig., 45 tab. (Soutenue le 28 Juin 1990 à l'Université de Paris Sud Centre d'Orsay)., (FR).

PNUD (1984): Actualisation du modèle de la nappe de la Djefara. Rapport final, PNUD-Tunis, Oct. 1984. 22p. Annexes

ROUATBI R., (1971): Notice explicative de la géologie et de la tectonique de la Djefara, DRES-Gabès, Mars 1971, 14p. 45 fig.

YAHYAOUI H., (1983): Etude de l'évolution de la piézométrie, des débits et des salinités de la nappe de Djerba-Zarzis.

Mémoire de D.E.A., présenté à l'Univ. des Scien. et Tech. du LANGUEDOC. en Sept.1983. DRE-Tunis, 18 p. tabl. 19 fig. 4 cartes.

LE PAYSAGE OASIEN: LES SOLS, L'EAU ET LES SELS.

JOB J.-O.(*) et ZIDI Ch.(**)

(*): Mission ORSTOM Tunisie.

(**): Direction des Sols

Résumé: A l'exception des oasis de montagne, toutes les oasis Tunisiennes sont situées en bordure des parties basses du paysage. Un modèle unique d'association piémont-oasis-chott permet alors de représenter le fonctionnement salin des oasis. On distingue deux dynamiques des sels dans cet ensemble:

- 1: Celle des mouvements de sels à la parcelle qui dépend du mode de gestion de l'eau de l'agriculteur-proprétaire. C'est une dynamique d'équilibre.

- 2: Celle du petit bassin versant alimenté par les forages et se terminant dans les micros dépressions. C'est une dynamique de déséquilibre, caractérisée par la formation de sels (thénardite, bloedite), que l'on ne trouve généralement dans le paysage que dans les zones hypersalines très arides.

C'est cette dernière dynamique qu'il faut pouvoir maîtriser pour préserver l'avenir des oasis. Pour ce faire, une étude des bilans hydriques et salins du système est indispensable. Elle nécessite l'intervention conjointe sur le terrain de pédologues et d'hydrogéologues ainsi que de bioclimatologistes (bilans hydriques en particulier). C'est à ce prix seulement qu'une gestion de l'eau préservant le milieu pourra être préconisée.

1 - Représentation schématique du paysage oasien.

Le fonctionnement hydrique de toutes les oasis traditionnelles du Sud de la Tunisie peut se ramener à un schéma général unique: la source d'eau, pompage ou forage, est située sur une faille entre une montagne calcaire du Crétacé et la bordure d'un synclinal. Au cours des siècles, les oasis ont d'abord occupé la partie médiane ou basse des piémonts (Gafsa, Jerid, la Nefzaoua dans son exemple). Elles se sont développées ensuite vers le synclinal, car l'irrigation par gravité ne permet qu'une extension vers le bas. La plupart du temps, cette progression a été arrêtée par une sebkha ou un chott. Ces dépressions sont composées d'alluvions fines plus ou moins envahies par des sables gypseux transportés par le vent. Les sols y sont très salés, le plus souvent hydromorphes. On trouve cette transfiguration à Tozeur, El Guettar, Tarfaya et Nouil (Douz) par exemple (fig.1), avec des échelles différentes, mais une même dynamique de l'eau et des sols de même nature.

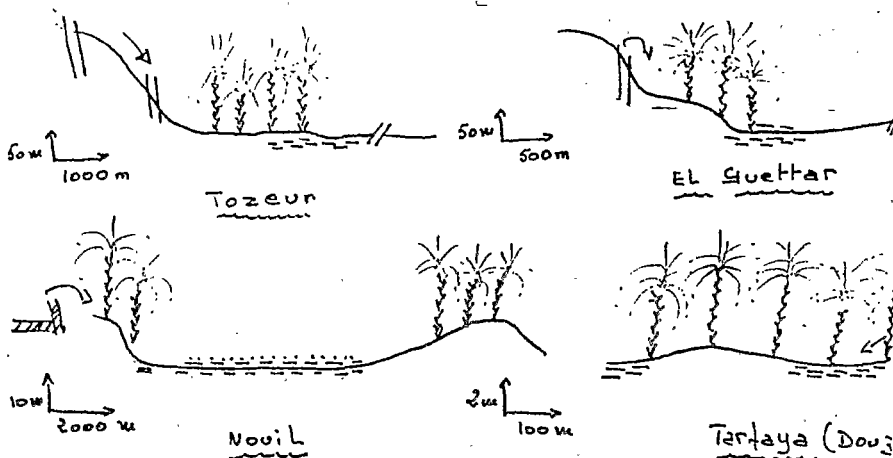


Fig. 1 - Représentation schématique du paysage dans lequel se développent les oasis.

2- Qualité des eaux et des sols.

Les sols d'oasis ont été profondément remaniés par l'action de l'homme, en particulier par l'incorporation importante de matière organique dans les horizons superficiels. Le substrat quaternaire d'origine colluviale calcaire (Famerza, Chebika, Gafsa, El Guettar, Gabès) ou miopliocène (Tozeur, Oasis de la Nefzaoua) situé dans les parties amonts et médianes du paysage laisse la place en aval aux formations éoliennes. Ces dernières, d'une granulométrie homogène centrée sur 100-200 microns, sont perméables (2 à $4 \cdot 10^{-5} \text{ ms}^{-1}$). Elles évoluent vers des sols hydromorphes à gley dans les chotts. La caractéristique principale de ces sols est d'avoir une distribution zonale en fonction de la topographie qui met bien en lumière la dynamique des sels. Les eaux de forages sont généralement de bonne qualité, entre 2 et 3,5 g/l pour les eaux non géothermiques. Dans les sols gypso-calcaires particuliers riches en magnésium, on ne craint pas de précipitation de sels de calcium, gypse ou carbonates, qui détériorerait les qualités hydrodynamiques des sols (Job, 1992), porosité et perméabilité des horizons supérieurs. Par contre, en profondeur ces sols peuvent contenir des formations éoliennes gypseuses fossiles consolidées. L'irrigation, peut les transformer en encroûtements dits de nappe, dans lesquelles les racines de palmier ne peuvent pas pénétrer (Pouget, 1968), il convient d'y faire des trous de plantation pour que les rejets de plantation s'y développent.

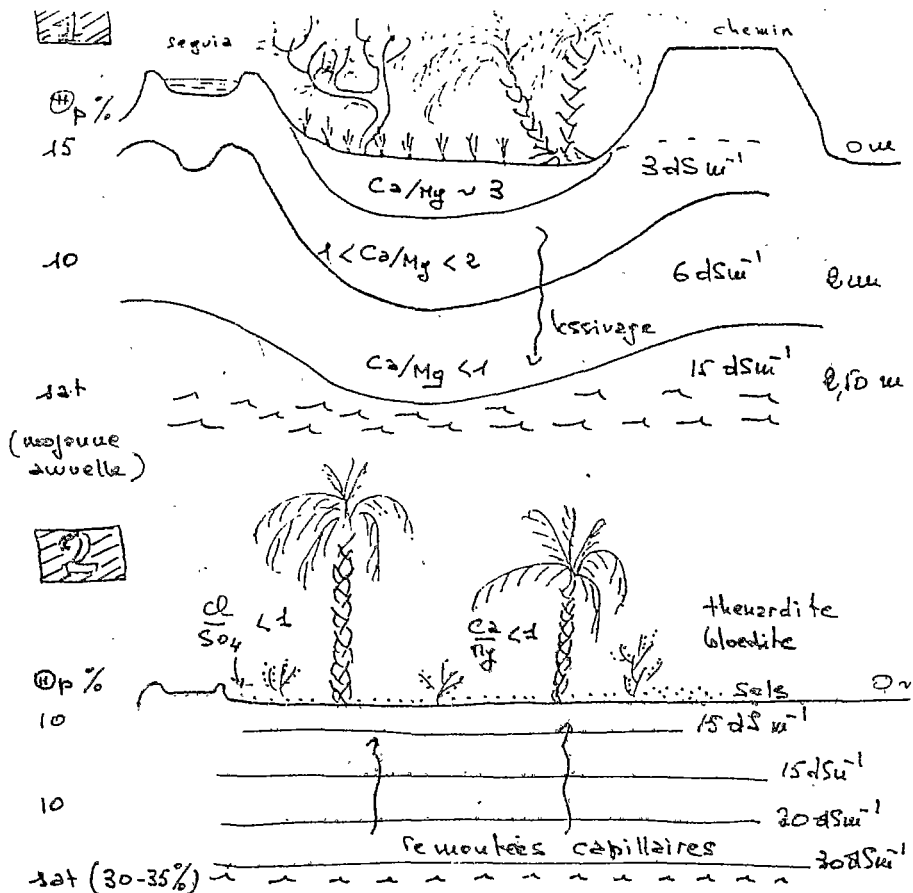


Fig. 2 - Enrichissement relatif de la solution du sol en magnésium en profondeur (El Guettar).

Dans l'oasis:

La dynamique générale des sels dans l'oasis en entier se met en évidence à partir de l'analyse des ions appariés dans la nappe. De l'amont vers l'aval, l'augmentation de la concentration de la nappe provoque l'appariement des ions majeurs suivant un ordre qui préfigure les sels qui vont précipiter en aval du système (Job, 1992, Job et Zidi, 1993). On dispose ainsi d'un moyen très simple de classer les systèmes irrigués en fonction de leur géochimie et de déterminer très rapidement quels sels vont se former par le processus de remontées capillaires et précipitation qui contamine toute la surface des parties aval d'oasis. C'est une dynamique d'enrichissement constant en sels des parties aval. Les oasis sont des machines à fabriquer des sebkhas (voir Hazoua, Chemsas, Segdoud par exemple).

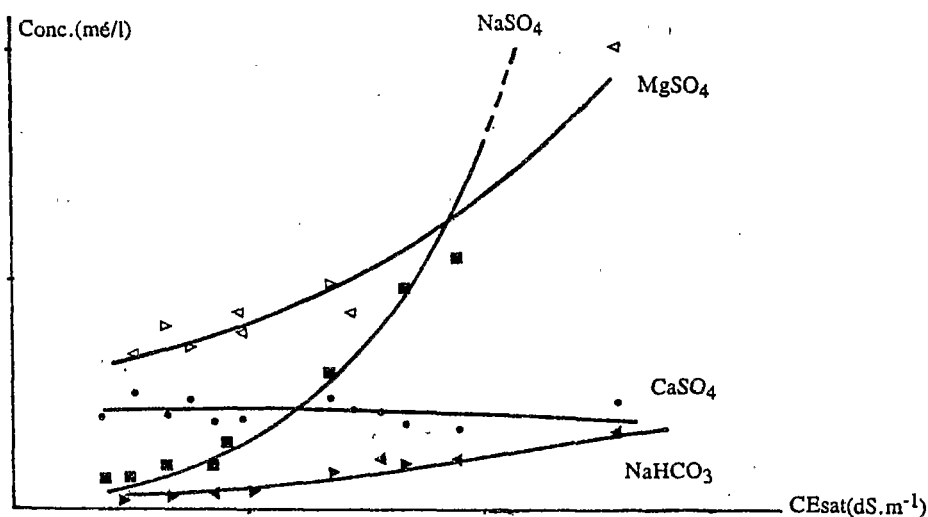


Fig. 3 - Ions appariés dans la solution du sol. On prévoit la précipitation de sulfate de sodium et de magnésium que l'on observe effectivement dans les efflorescences de surface. Le chlorure de sodium ne forme pas d'ions appariés en solution.

Qualité des eaux:

Le drainage s'impose partout où la profondeur de la nappe est inférieure à 180 cm. La première difficulté vient de ce que l'oasis s'étend dans les parties les plus basses. Le repompage des eaux drainées est donc nécessaire. C'est encore une solution peu répandue. (Il y a un bon exemple à Guettaya). La deuxième vient de ce que la consommation en eau des cultures d'hiver est relativement faible et le débit de jaillissement des sources artésiennes, sensiblement constant. L'excès d'eau de saison froide transite directement dans les circuits de drainage sans lessiver les sels, donc en gardant intacte sa qualité d'origine jusqu'au moment où elle se réprend dans les sebkha où elle se salinise en pure perte.

4 - Conclusion.

Dans les oasis traditionnelles, caractérisées par de petites parcelles (quelques centaines de mètres carrés en moyenne), les pratiques culturales assurent une bonne gestion des sols. L'incorporation de matière organique, l'arrachage des racines de jonc, le rehaussement des parcelles basses, le décroûtage des horizons profonds et le décapage des horizons de surface salés sont autant de techniques qui permettent la culture de sols les plus salés. L'occupation des sols sur plusieurs strates, pas toujours rentable du point de vue photosynthétique, assure une utilisation optimum de l'eau. Le déficit général en eau d'une oasis étant compensé par une modulation des quantités utilisées suivant le nombre de strates cultivées (El Guettar). Les programmes de réhabilitation des réseaux d'irrigation (Gafsa) améliorent considérablement la distribution.

**AMENAGEMENT HYDRAULIQUE
ET
GESTION DES EAUX**

ETUDE DES RESSOURCES EN EAU DU SAHARA SEPTENTRIONAL

LE PLAN DIRECTEUR DE L'UTILISATION DES EAUX DU SUD (P.D.E.S.)

BOUTITI Raqya (*)

(*): Direction Générale du Génie Rural.

Résumé: Dans le cadre de la planification de l'utilisation des ressources en eau, l'Etat avait engagé l'étude de plans directeurs dans les différentes grandes régions du pays. LE PDES représente l'un des cinq plans Directeurs qui ont été élaborés. Suite à l'amélioration des connaissances en matière des ressources en eau durant les années 1970 (ERSS, 1972), le PDES s'est penché sur le comblement du déficit des oasis existantes, la création de nouvelles oasis et la satisfaction des besoins en eau pour tout usage (agricole, urbain et industriel) jusqu'à l'an 2000. Dans le domaine agricole, de gros investissements ont été consentis, l'Etat ayant procédé par la réalisation des projets en 2 tranches. Ainsi les 16 500 ha existants avant les réalisations du PDES ont été touchés par le projet du point de vue sauvegarde et rénovation; et plus de 5000 ha de nouvelles oasis ont été créées. L'ampleur des investissements consentis et l'importance de la production agricole des oasis dans l'économie du pays, (amélioration des revenus, exportation...) et afin de mettre pleine lumière sur l'avenir de la région, une étude de la capacité des agriculteurs à prendre en charge les aménagements hydrauliques réalisées par l'Etat a été effectuée. En effet, les AIC existantes, ayant vu l'Etat intervenir dans leur domaine, se sont d'une part quelque peu retirées et se sont d'autre part trouvées devant des aménagements qu'ils ne pouvaient maîtriser. Les conséquences qui en ont résultées sont autant des sujets de préoccupation de l'Administration à l'heure actuelle.

INTRODUCTION

L'étude des ressources en eau du Sahara Septentrional réalisé en 1972 a identifié 3 réservoirs aquifères importants: la nappe du Continental Intercalaire, la nappe du Complexe Terminal et la nappe de la Djéffara. L'ensemble des ressources en eau de ces nappes représente 20 m³/s en débit fictif continu (soit 600 millions de m³/an). A partir de 1972, et dans un souci d'une utilisation rationnelle de ce potentiel, le Ministère de l'Agriculture a entrepris l'étude d'un schéma directeur de l'utilisation des ressources en eau et en sol du Sud, qui doit satisfaire l'ensemble des besoins des activités socio-économiques de la région jusqu'à l'horizon 2000. Les ressources en eau sont, cependant le plus souvent, le facteur limitant des possibilités de développement du Sud. En effet le développement et l'exploitation des ressources en eau d'une part et la faible réalimentation des nappes d'autres part ont été à l'origine d'un tarissement progressif des sources. Ce qui a conduit à entreprendre le comblement du déficit en eau par la création de forages nouveaux ou de remplacement. Ainsi les premiers forages réalisés dans la région étaient artésiens. Ensuite, la baisse progressive de la piézométrie a rendu impératif le recours au pompage systématique sur toutes les nappes moyennes du Sud dans le cadre de la mise en oeuvre du PDES.

LE PLAN DIRECTEUR DES EAUX DU SUD (PDES)

En février 1976, un schéma définitif a été établi et a défini les principales actions à réaliser, soit:

- la satisfaction des besoins en eau potable de toute la région;
- la sauvegarde des oasis traditionnelles qui souffrent d'un déficit important en eau, d'une superficie globale de 20'000 ha et intéressant 129 oasis;
- la création de nouvelles oasis sur les meilleurs sols dans la limite des 8000 ha, axés sur les zones du Jérid et de la Nefzaoua;
- et la satisfaction des besoins en eau industriels et touristiques respectivement à Gabès et Jerba-Zarzis!

* **Mise en oeuvre du PDES:** Le Plan Directeur des Eaux du Sud a été réparti en 4 tranches au vu de la capacité de financement du pays et avec la participation de nombreux organismes financiers. Deux tranches ont été déjà réalisées intéressant 16.500 ha d'oasis traditionnelles et 5.000 ha de créations nouvelles. Le projet Réjim Maâtoug (de la 3ème tranche) intéresse plus de 2000 ha. Les composantes essentielles des projets de mise en valeur des oasis du Sud tunisien se subdivisent en deux volets, l'infrastructure hydraulique et l'intensification agricole.

* **Les actions hydrauliques:** Parmi les actions hydrauliques l'on cite:

- le remplacement et la création de nouveaux forages
- l'électrification des stations de pompage et l'équipement de tous les forages,
- la réalisation d'un réseau d'irrigation en conduites enterrées en remplacement des anciens réseaux où les pertes sont de l'ordre de 30 à 60 %,
- la réhabilitation des réseaux de drainage et des pistes à l'intérieur des oasis,
- la protection des oasis contre l'ensablement, essentiellement celles de la Nefzaoua.

* **Mise en valeur agricole:** Sur le plan de la mise en valeur agricole, le comblement du déficit en eau a permis la reconversion et l'intensification agricoles. Les nouvelles oasis continentales sont principalement des plantations modernes de Déglat Ennour. Pour les oasis de Gafsa et les oasis littorales l'occupation du sol consiste en des plantations arboricoles et en cultures annuelles.

* **Coût des projets du PDES:** Le montant total de toutes les actions relatives à ces projets (y compris les actions agricoles) s'élève à 175 millions de dinars (MD) avec 40 MD en moyenne pour la 1ère tranche, et pour la plupart des projets intéressés par la 2ème tranche. Quand au projet Gafsa, il s'élève à environ 16 MD.

* **Impact des projets:** Les projets de Mise en Valeur du Sud tunisien procurent dans leur ensemble, des avantages certains autant du point de vue micro-économique que macro-économique:

- le revenu familial avec projet serait nettement augmenté.
- l'intensification agricole permettra de réduire le sous-emploi et l'exode rural,
- de même le projet contribuera à freiner l'avancée du désert.

La production agricole de la région augmentera en conséquence progressivement. Ainsi, en année de croisière l'amélioration des rendements se présentera comme suit:

Tableau 1 : Rendements des cultures avec et sans projets et production totale prévue en année de croisière pour tout le PDES.

Culture	Production	Rendements	
		sans projets	Avec projet
Déglat Ennour	80.000 T	28 Kg/pied	60 Kg/pied
Grenades	15.000 T	18 Kg/pied	21 Kg/pied
Olives	2.000 T	12 Kg/pied	20 Kg/pied
Cult.maraich. (Hiv.)	35.000 T	4 T/ha	10 T/ha
Cult.maraich. (Eté)	145.000 T	3 T/ha	10 T/ha
Fourrage vert	110.000 T	6 T/ha	60 T/ha

GESTION DES PROJETS

Au niveau de la mise en place des infrastructures hydrauliques, celles-ci sont totalement à la charge de l'Etat aussi bien du point de vue investissement qu'exécution. Par contre l'exploitation de ces infrastructures et le pompage de l'eau sont confiés aux Associations d'Intérêt Collectif (AIC). A cet effet, et en vue de permettre à ces AIC d'assumer pleinement les missions qui leur sont assignées, plusieurs textes législatifs depuis

Juillet 1987 ont été promulgués afin d'assouplir les procédures et d'octroyer aux AIC la capacité juridique qui leur permet d'assurer une bonne gestion de leur structure. Par ailleurs, les Offices des périmètres irrigués qui avaient la charge de la gestion des aménagements hydrauliques ont été dissous au profit des Commissariats Régionaux au Développement Agricole (CRDA). Ceux-ci ont pris la relève des Offices dans l'encadrement des agriculteurs, l'assistance technique des AIC pour la gestion de l'eau et l'exploitation des réseaux hydrauliques, ainsi que pour l'entretien et les grosses réparations des grands ouvrages hydrauliques.

PROBLEMES RENCONTRES

1- Malgré tous les efforts déployés par l'administration et les investissements énormes consentis par l'Etat, un désintérêt manifeste des agriculteurs vis à vis de la prise en charge de l'entretien et de la maintenance des ouvrages a été constaté. Les services rendus par l'Administration ne sont pas non plus totalement remboursés, les tarifs de l'eau étant toujours fortement subventionnés (Tableau 2).

Tableau 2. Prix de revient et taux de recouvrement des coûts de l'eau (valeurs moyennes 1990-1991).

Gouvernorat	Gafsa	Tozeur	Kébili	Gabès
Prix de revient de l'eau (Mill/m ³)	58.8	29.3	36.2	30
Tarifs (Mill/m ³)	17	16	19	20
Taux de recouv.	29 %	55%	55%	66 %

2- Plusieurs études relatives au recouvrement des coûts et à la capacité des agriculteurs à payer les frais d'exploitation montrent que pour une consommation de 11.000 m³/ha et par an une augmentation de tarif de 4 mill/m³ ne constituait qu'un prélèvement supplémentaire de 2 à 2,7 % des frais hydrauliques selon les oasis, ce qui constitue une proportion négligeable des charges d'eau. De plus le bilan financier des exploitations agricoles fait apparaître un résultat d'exploitation positif qui permet à la plupart des agriculteurs groupés en A.I.C. de prendre en charge tous les frais d'exploitation directe des aménagements hydrauliques, soit les frais de pompage, le personnel de distribution de l'eau et la maintenance des réseaux (voir annexes, cas des oasis de Gafsa).

3 - Les constatations citées ci-dessus indiquent que les agriculteurs ne sentent pas la valeur réelle de l'eau, d'où les importants gaspillages rencontrés dans les oasis et les pertes d'eau énormes qui surviennent lors des irrigations.

4 - Par ailleurs, la nouvelle technologie de mobilisation des nappes par sondage de faible diamètre déployée devant les agriculteurs du Sud a été rapidement recopiée (d'une manière plus rudimentaire) pour la création d'innombrables puits illicites. Ces puits entravent la planification raisonnable des eaux souterraines tracée par l'Etat et menacent l'équilibre hydrodynamique des aquifères souterrains et par là-même l'existence pure et simple des oasis. Ceci représente un indicateur de la capacité d'investissement des agriculteurs, mais également espèrent-ils une augmentation de leurs revenus, leurs exploitations devant être exigües suite au morcellement. Une question s'impose: ne serait-il pas meilleur d'intervenir dans l'économie de l'eau? Ceci étant, on compte à l'heure actuelle 700 forages illicites qui débitent près de 2000 l/s dans la Nefzaoua, soit près de 50% en plus par rapport à l'allocation en eau aux oasis (qui est de 4500 l/s) à partir de la nappe du Complexe Terminal. Ce débit est capable d'irriguer près de 2000 ha d'oasis supplémentaires (ce qui correspond à l'estimation de la surface des extensions illicites).

ANNEXES

Figure 1. Le Plan Directeur des Eaux du Sud.

Figure 2. Aménagements parcellaire avec séguias bétonnées ou maçonnées

Tableau 1. Ressources en eau.

Tableau 2. Calcul du taux de prélèvement réel sur la rente par type d'exploitation.

Tableau 3. Projets de mise valeur du Sud.

Tableau 4. Calcul des taux de recouvrement des coûts.

Méthodologie et hypothèses de travail pour le calcul des taux de recouvrement des coûts.

5 - Les pertes d'eau par gaspillage et infiltration (de 30 à 60%, d'après les études réalisées dans le cadre du projet "Economie de l'eau") ainsi que l'écoulement continu des forages artésiens concourent ensemble à surélever le niveau des nappes phréatiques dans les oasis. Ceci non seulement perturbe le développement racinaire des plantes mais également entraîne la salinisation des sols par évaporation et diminue par conséquent la productivité agricole.

Paradoxalement, le tour d'eau étant très long (dû aux pertes à la parcelle), les plantes profitent souvent de la nappe en attendant le prochain tour d'eau.

Cependant, cette nappe proche du niveau du sol peut être utilisée directement par l'agriculteur alternativement avec l'eau des forages: d'où lessivage et rabattement intentionnée de la nappe, le réseau de drainage devant être fonctionnel. Il est à signaler qu'actuellement cette nappe est en train d'être utilisée dans la Nefzaoua sans contrôle ni évaluation du bilan d'eau apportée à la plante.

6- Le problème qui se greffe ainsi au gaspillage de l'eau (dans tous ses aspects) est la nécessité d'effectuer le drainage, le lessivage et tous les travaux périodiques d'entretien et de curage des drains afin qu'ils soient efficaces.

ACTIONS EN COURS DE REALISATION

Au vu de tous les problèmes rencontrés dans les oasis du Sud et qui vont à l'encontre des objectifs du PDES un certain nombre d'actions sont en cours de réalisation en vue de l'amélioration de l'exploitation et de la gestion des aménagements hydrauliques. Ces actions sont de différents ordres :

- formation des techniciens et des vulgarisateurs en économie d'eau à la parcelle en vue de sensibiliser le maximum d'agriculteurs à la valeur de l'eau, et leur enseigner la meilleure conduite de l'irrigation quelle que soit la technique (amélioration de l'efficacité à la parcelle, ajustement des tours d'eau et des doses);
- formation des membres des cellules AIC afin de mener à bien les actions d'assistance et d'encadrement;
- formation des techniciens pour l'entretien et la maintenance des ouvrages hydrauliques, etc...

CONCLUSION

La formation et la vulgarisation en matière d'économie en eau au niveau national, doivent être promues d'avantage et surtout se poursuivre au niveau régional après la fin des projets. L'augmentation progressive des tarifs semble être le meilleur moyen de prise de conscience par les agriculteurs de la valeur de l'eau, que ce soit une tarification par l'Administration, ou par les AIC aux agriculteurs, l'Administration devant rester toujours un organisme consultatif et conseiller des AIC. La promotion de l'approche participative des agriculteurs (par la main d'oeuvre essentiellement au niveau des réalisations et par leur regroupement pour l'acquisition de matériel ou pour la maintenance d'ouvrages hydrauliques) améliorerait et faciliterait l'exploitation de l'eau dans les oasis. Ainsi, les interventions des agriculteurs seront d'autant plus rapides vis-à-vis d'un problème donné.

Concernant une action qui mérite encore que la recherche s'y penche: Il s'agit du vannage des forages artésiens et leur fermeture de façon à ne pas griffonner les tubages. Par ailleurs, concernant les eaux de drainage proprement dit, leur réutilisation n'est pas conseillée par les agriculteurs. Cependant l'Etat peut utiliser ces eaux pour l'irrigation des Brise-Vent, l'amélioration de parcours, la consolidation de tabias etc....

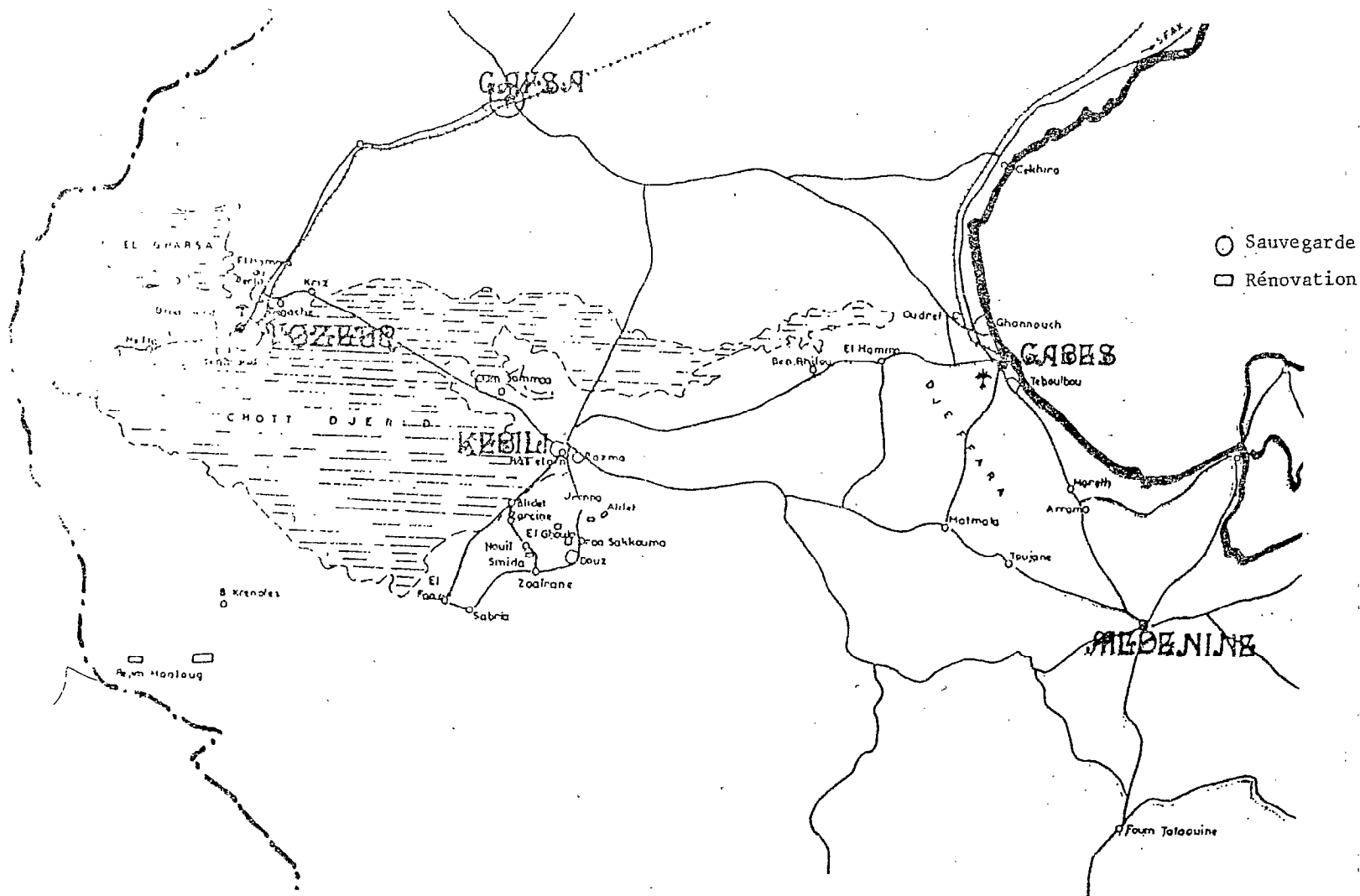
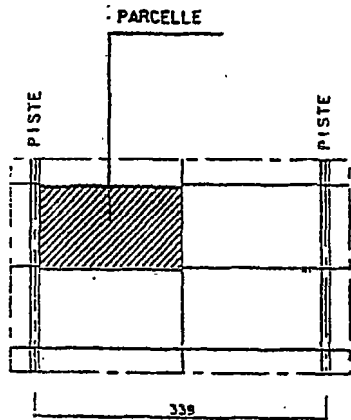


Figure 1. Le Plan Directeur des Eaux du Sud.

PARCELLETYPE



V1

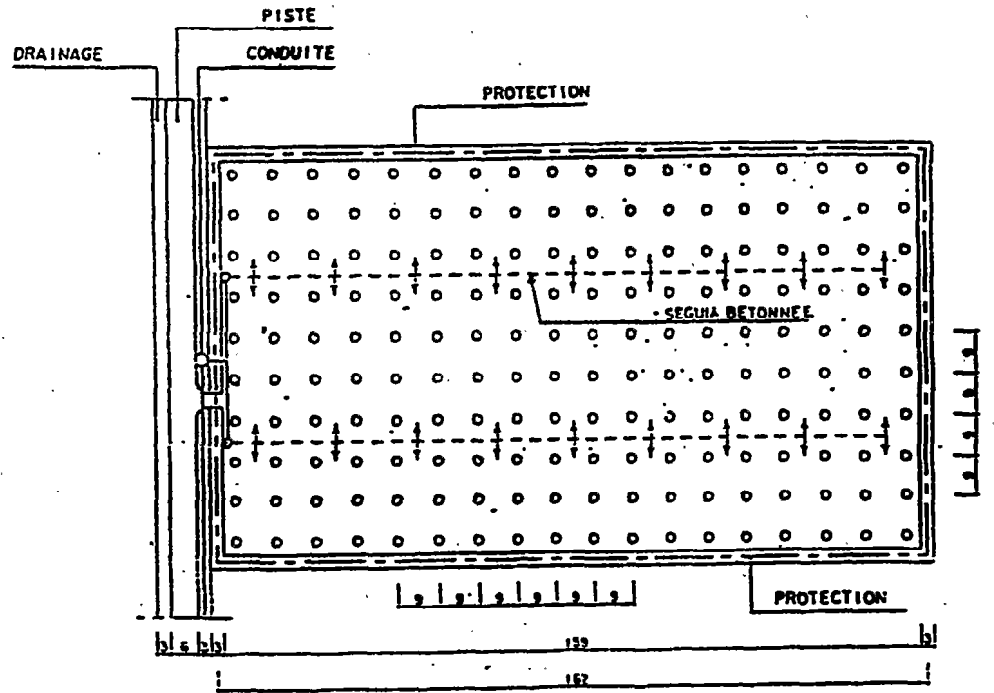


Figure N° 2.
 AMENAGEMENT PARCELLAIRE
 AVEC SEGUIAS BETONNEES OU
 MAÇONNEES

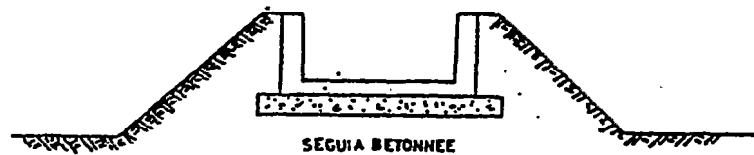


Tableau n° 1. : RESSOURCES EN EAU

Unité : m³/s

Nappes	Régions	Jérid	Nefzaoua	Gabès	Jerba-Zarsis	Gafsa	Extrême Sud	Régime Nâatoug	Total
Complexe terminal		4,1	4,5	-	-	-	-	2,0	10,6
Continental intercalaire		0,	1,0	1,0	-	-	1,5	-	4,
Nappe de Gafsa		-	-	-	-	1,4	-	-	1,4
Jeffara Nord		-	-	3,6	-	-	-	-	3,6
Jeffara Sud		-	-	-	1,0	-	-	-	1,0
<u>T O T A L</u>		<u>5,1</u>	<u>5,5</u>	<u>4,6</u>	<u>1,0</u>	<u>1,4</u>	<u>1,5</u>	<u>2,0</u>	<u>21,1</u>

TABLEAU N°2 : CALCUL DU TAUX DE PRELEVEMENT REEL SUR LA RENTE PAR TYPE D'EXPLOITATION

INDRIQUES \ OASIS	OASIS KASIA			OASIS SUD-OUEST		OASIS KSAR		LALLA	OASIS EL GUETTAR	
	0,5 ha	1 ha	1 ha	5 ha	1 ha	0,5 ha	1 ha	1 ha	0,5 ha	1 ha
Dosolins en eau (m3),	3 000	7 000	7 000	30 000	7 000	3 900	7 000	7 000	1 500	8 200
Valeur actualisée de la rente garantie	2 177	6 339	7 740	10 211	6 635	2 563	7 035	5 595	571	7 292
Valeur actualisée des charges d'eau										
. à 25 M/m3	643	1 205	1 205	6 427	1 205	643	1 205	1 205	247	1 351
. à 30 M/m3	771	1 542	1 542	7 712	1 542	771	1 542	1 542	297	1 621
Taux de prélèvement sur la rente										
. à 25 M/m3	29,5	20,3	16,6	33,4	19,4	25,1	18,3	23,0	43,3	18,5
. à 30 M/m3	35,4	24,3	19,9	40,1	23,2	30,1	21,9	27,6	51,9	22,3

On estime que le maximum de prélèvement tolérable représente 40% de la rente garantie.
D'où dans les Oasis de Gafsa, les types d'exploitation qui souffriraient des charges d'eau sont les grandes exploitations (celles de 5 ha) et les petites exploitations dans l'Oasis El guettar (0,5 ha).

Tableau N° 3 PROJETS DE MISE EN VALEUR DU SUD

PROJET	PERIODE REALISA TION	SUPERFICIE (ha)				COUT (millions D)		FORAGES				SUPERFICIES MISES EN EAU (ha) (et nombre d'oasis)					
		SAUVES Nbre Sup		CREAT. Nbre Sup		PROJET	G.R.	PREVUS		REALISES		1986	1987	1988	1989	1990	TOTAL
		Nbre	ha	Nbre	ha			Nbre	Débit	Nbre	Débit						
PDES. 1 ^e TRANCHE BIRD	80-86	7	3.200	12	2.100	37	22	33	2000	33	2.140	5.000 17	300 2	-	-	-	5.300 19
OASIS DE GABES	84-86	1	900	-	-	3,5	3,5	5	300	5	300	900 1	-	-	-	-	900 1
PLAN DIRECTEUR DJERID	83-89	23	3.300	-	-	35	30	35	2000	35	1.758	146 2	402 5	313 6	2.439 10	-	3.300 23
PLAN DIRECTEUR NEFZAOUA	84-90	50	4.300	6	500	40	30	27	1.600	27	1.600	497 4	1.145 10	1.214 14	1.089 18	855 10	4.800 56
PLAN DIRECTEUR GABES	85-91	43	5.000	4	200	43,7	30	21	900	21	1.250	-	1.161 14	2.167 18	1.672 11	200 4	5.200 47
PLAN DIRECTEUR GAFSA	86-90	5	3.300	-	-	15,8	12	26	1.650	26	1.650	-	-	1.300 2	1.457 2	543 1	3.300 5
TOTAL		129	20.000 (ha)	22	2.100 (ha)	175	127,5	147	8.450 l/s soit 250 millions m3/an	147	8.698 l/s soit 260 millions m3/an	6.543 24	3.008 21	4.994 40	6.657 41	1.598 15	22.800 151

TABLEAU N° 4 : CALCUL DES TAUX DE RECouvreMENT DES COÛTS

<u>RUBRIQUES</u>	<u>OASIS</u>	<u>KASBA</u>	<u>SUD-OUEST</u>	<u>KSAR</u>	<u>LALLA</u>	<u>EL GUETTAR</u>
Valeur actualisée du coût total (Invest. + Entr. + Fonct)		2 075 000	3 355 000	2 503 400	5 036 960	1 483 469
Valeur actualisées des charges d'eau						
. à 20 H/m ³		1 015 666	1 022 943	841 053	960 375	470 671
. à 25 H/m ³		1 269 500	1 270 674	1 051 313	1 200 469	500 339
. à 30 H/m ³		1 523 500	1 534 413	1 261 573	1 440 562	706 007
<u>Taux de recouvrement (%)</u>						
. à 20 H/m ³		31,0	27,5	29,2	19,1	31,7
. à 25 H/m ³		39,8	34,4	36,5	23,8	39,6
. à 30 H/m ³		47,7	41,3	43,9	28,6	47,6

Ainsi même à 30 mill/m³ les taux de recouvrement n'atteignent pas 50% des charges d'eau.

Ceci est le résultat de la péréquation du tarif quelle que soit l'oasis et surtout du plafonnement du tarif en fonction des exploitations les moins rentables.

Il reste à vérifier si l'on gagnerait à augmenter le tarif en admettant un certain pourcentage d'impayé au niveau des exploitations en difficulté.

Méthodologie (1) et hypothèses de travail

La méthodologie utilisée pour apprécier la capacité de remboursement d'une exploitation et l'incidence possible de la tarification sur le comportement de l'exploitation, ainsi que le prélèvement que la collectivité peut opérer est celle mise au point par la Banque Mondiale, dont voici la définition sommaire des principaux concepts utilisés :

- (i) La "rente" ou "surplus" mesure l'accroissement en valeur absolus, avant charges d'eau, du revenu est de l'exploitant dû à l'irrigation et représente par conséquent la limite extrême du prélèvement théorique possible. On l'obtient en déduisant du RES (2) l'accroissement des charges indirectes dues à l'irrigation et qui sont :
- L'amortissement du capital supplémentaire : l'amortissement techniques des investissements additionnels est pris en compte ;
 - La rémunération du capital supplémentaire: les capitaux supplémentaires sont rémunérés au taux de 10 % ;
 - Les frais de gestion supplémentaire : ils sont évalués entre 10 et 15 % du RES, selon que l'exploitation est de type familial ou commercial (10 ha) ;
 - Les risques ; on tient compte d'un abattement pour risque égal à 30 % de la valeur du RES, diminuée des charges indirectes sus-mentionnées.

Le résultat obtenu est appelé la rente "garantie".

- (ii) le revenu net final de l'exploitation, après paiement des charges d'eau ; il représente le revenu que l'exploitant tire de l'exploitation. Ce revenu est égal au revenu net (3) avec projet après charges d'eau.
- (iii) Le pourcentage d'accroissement du revenu net final par rapport au revenu avant irrigation.

1. Cette méthodologie sera également appliquée dans le cas des nouveaux périmètres.

2. RES: revenu d'exploitation supplémentaire, c'est l'accroissement du revenu brut. Le revenu brut étant la valeur de la production moins les charges directes.

3. Le revenu net avec projet, avant charges d'eau, est égal au revenu brut avec projet après défalcation des charges indirectes sans projet (estimées à 30 % du revenu brut sans projet) et des charges indirectes additionnelles sauf la main-d'oeuvre familiale supplémentaire.

* Source: Etude de Recouvrement des Coûts dans les oasis de Gafsa DG/GR - CNEA - 1990. (Méthode développée par quelques experts de la Banque Mondiale).

ANALYSE ET DIAGNOSTIC DE L'IRRIGATION

DANS L'OASIS MODERNE DE DRAA SUD (TOZEUR)

TOUMI Abdellatif (*)

(*): Arrondissement G.R. CRDA Touzeur.

Resumé: La présente étude fait le point de la situation actuelle et des problèmes liés à l'irrigation dans le périmètre phoenicole moderne de Draa Sud. Elle comporte deux parties:

- 1- Une première partie réservée à l'analyse et au diagnostic. Elle relate la situation actuelle de l'irrigation dans le périmètre et reflète les problèmes inhérents à la mauvaise gestion de l'eau d'irrigation.
- 2- Une deuxième partie comportant les résultats des mesures effectuées sur terrain et permettant de vérifier les différents paramètres de l'irrigation, à savoir les besoins de l'irrigation suivant l'occupation actuelle d'un hectare, les surfaces réellement irriguées et l'évaluation de l'irrigation.

On a d'autre part proposé les principales conclusions des actions à entreprendre dans le cadre du programme de l'économie de l'eau d'irrigation au niveau de la parcelle.

I - SITUATION GÉOGRAPHIQUES ET HISTORIQUE DU PERIMETRE

Le périmètre Draa Sud est situé à 18 km de la ville de Tozeur au sud de la route GP3. Il est installé entre deux périmètres existants, celui de la STIL et celui de Ghardgaya. Il s'agit d'un périmètre récent qui a été créé par l'Etat en 1986 pour répondre aux objectifs suivants:

- Création d'emplois permanents pour les jeunes de la région et surtout les jeunes diplômés du Centre de Formation Agricole de Dégache.

- Augmentation de la production des dattes de la variété Deglet-Nour.

Le périmètre couvre une superficie de 200 hectares répartis en 100 lots de deux hectares chacun.

II - LE MILIEU NATUREL

2-1-Le climat (station de Tozeur): La région du Djérid fait partie de l'étage bioclimatique saharien supérieur à hiver tempéré.

- * Le régime pluviométrique: il est souvent irrégulier et faible. La moyenne annuelle de pluies calculée sur une période de 84 ans avoisine les 96 mm.

- * Les températures :

- La moyenne annuelle est d'environ de 21,76°C

- Le maximum absolu est d'environ 44,7°C et est enregistré pendant le mois d'Août.

- Le minimum absolu est d'environ 2,26°C et est enregistré pendant le mois de Janvier.

- * Le vent: Les vents dominants soufflent généralement des secteurs Nord, Nord-Est et Nord-Ouest au Printemps et des secteurs Sud et Sud-Ouest en Eté. Le nombre des jours de sirocco avoisine les 55 jours/an.

- * L'évapotranspiration et le bilan hydrique: Dans les conditions locales de la région (température élevée, importance des vents, faible humidité relative), l'évapo-transpiration potentielle enregistre des valeurs très fortes. La moyenne annuelle qui est de l'ordre de 1650 mm est considérée comme étant la moyenne la plus élevée par rapport à l'ensemble du pays. Pour une pluviométrie très faible et irrégulière ne dépassant pas les 100 mm/an, le bilan hydrique est considéré largement déficitaire sur tous les mois de l'année. Ce déficit est estimé à environ 1550 mm actuellement.

2-2-Le sol:

- La texture du sol est de sable grossier dans les premiers horizons, elle devient assez fine dans les horizons inférieurs.

- Un encroûtement gypseux se situe à des profondeurs supérieures à 1,20m et occupe le quart du périmètre.

- Une couche imperméable, non encore identifiée, située à une profondeur supérieure à 2 mètres.

- L'hydromorphie touche environ 50 % de la superficie, où la nappe se situe à des profondeurs inférieures à 1 m. Cette forte hydromorphie est due au fait que le réseau de drainage actuel fonctionne à faible rendement, pour plusieurs raisons:

- + Manque d'entretien du réseau par les agriculteurs,
- + Eboulement des parois des drains,
- + Retour de l'eau drainée à l'aval vers le périmètre en raison du mauvais fonctionnement du collecteur périphérique.

2-3-Topographie: La topographie du terrain présente une pente Nord-Sud. Le dénivelé entre l'amont et l'aval est de l'ordre de 15m sur une distance de 1 km. Une coupe schématique du paysage permet de distinguer 3 zones:

- Une zone haute, qui couvre une superficie de 80 ha.
- Une zone intermédiaire, qui couvre une superficie de 40 ha.
- Une zone basse limitrophe du chott, qui couvre une superficie de 80 ha.

2-4-Agronomie (Renseignement CRA: Drâa Sud-1993): L'oasis Drâa Sud présente trois étages:

- Un 1er étage où on trouve les palmiers dattiers de Degla: Nour et les variétés communes (15.000 pieds soit 75 pieds/ha).
- Un 2ème étage où on trouve l'arboriculture avec 7700 pieds.
- Un 3ème étage où on trouve les cultures maraichères sur une superficie de 16 ha et les cultures fourragères sur une superficie de 12 ha.

2-6-Ressources en eau: Le périmètre est irrigué actuellement par les eaux provenant de 3 forages, qui captent les eaux de la nappe du Complexe Terminal.

III-ANALYSE ET DIAGNOSTIC DE LA SITUATION ACTUELLE DE L'IRRIGATION

Dans cette analyse, on va essayer de présenter la situation actuelle de l'irrigation et les problèmes inhérents à la mauvaise gestion de l'eau. A cet effet nous avons suivi le chemin de l'eau de la source jusqu'à son arrivée à la plante; on examinera donc: la source d'eau, le réseau de transport de l'eau et l'irrigation à la parcelle.

3-1-Sources d'alimentation en eau du périmètre: Les sources d'eau qui alimentent le périmètre sont des forages profonds qui captent les eaux de la nappe du Complexe Terminal. Leur nombre est de trois:

- Drâa Sud 1: qui peut être exploité à un débit de 60 l/s
- Drâa Sud 2: dont le débit d'exploitation est de 60 l/s.
- Drâa Sud 3: dont le débit d'exploitation est de 60 l/s.

Donc ces 3 forages peuvent fournir un débit total de 180 l/s.

3-1-a: Caractéristiques d'exploitation des forages données du DRE Tozeur: Le plan directeur des eaux du sud prévoit pour les oasis modernes un débit fictif continu de 0,75 l/s. Sachant que la superficie irriguée au périmètre est de 200 hectares, le besoin en débit sera de $200 * 0,75 = 150$ l/s en continu, soit un débit instantané de: $150 * 24 / 20 = 180$ l/s ce qui représente le débit fourni par les forages en fonctionnement de 20 heures/24, donc on dispose de l'eau nécessaire pour irriguer ce périmètre.

Tableau 1. Caractéristiques d'exploitation des forages de Tozeur.

Nom du forage	Age (ans)	Niveau statistique (m)	débit d'expl. (l/s)	Tubage Prof. en Immersion pouce		
Draâ Djérid 1	9	+ 12,6	60	668	13 3/8	50
Draâ Djérid 2	9	+ 12,2	60	636	13 3/8	50
Draâ Djérid 3	9	- 9	60	590	13 3/8	58,3

3-1-b: Exploitation actuelle des forages: D'après les derniers jaugeages effectués par l'Arrondissement des Périmètres Irrigués au mois de Juin 1993, les débits fournis par ces forages sont: Drâa Sud 1: 33 l/s, Drâa Sud 2: 43 l/s et Drâa Sud 3: 30 l/s, soit un débit total de 106 l/s en fonctionnement de 20 heures /24. Donc actuellement, on ne dispose que de 106 l/s en tête de forages. Sachant que le besoin en débit au périmètre est de 180 l/s en instantané, on a donc un déficit d'eau de $180 - 106 = 74$ l/s.

* Caractéristiques des équipements électromécaniques montés sur les forages:

Tableau 2. Débits et caractéristiques des équipements électromécaniques des forages.

Nom du forage	débit des groupes l/s	Débit pompé en l/s	H.M.T. en m	Puissance en kw	durée de pompage
Draâ Djérid 1	70	33	48	37	20/24
Draâ Djérid 2	70	43	35	48	20/24
Draâ Djérid 3	60	30	40	37	20/24

- Le débit pompé ne coïncide pas avec le débit des groupes électro-pompes ceci résulte d'un mauvais calcul des caractéristiques hydrauliques des équipements.

- On ne dispose pas d'appareil de mesure de débit et de pression en tête du forage pour avoir le débit pompé exact.

3-2-Le réseau d'irrigation:

3-2-a: Infrastructure hydraulique existante: Le périmètre Drâa Sud est aménagé par un réseau d'irrigation constitué par:

- Une conduite principale en amiante ciment classe C au diamètre 250 mm et de longueur (?)
- D'une série de 10 antennes piquée sur la conduite principale de diamètre 15 mm et de longueur 8500 ml.
- D'un réservoir semi enterré de capacité 1300 m^3 dont le rôle essentiel est d'éviter une vidange totale du réseau en cas d'arrêt simultané des groupes de pompage au cours d'une coupure électrique générale sur le réseau STEG.
- Trois stations de pompage
- 50 Bornes d'irrigation à raison d'une borne pour quatre hectares.
- Trois vannes de sectionnement sur conduite principale.

3-2-b: Fonctionnement actuel du réseau de distribution: L'eau diffusée des trois forages suit son chemin dans la conduite principale, où elle sera divisée en 5 mains d'eau dans 5 antennes à l'aide d'un système de régulation de débits jusqu'à la borne d'irrigation. La régulation de débit est assurée actuellement par double vanne (une vanne tout ou rien plus une vanne de réglage). Ce système de double vanne a remplacé les limiteurs de débits installés dans le réseau au début de sa mise en service, mais ces limiteurs ont été enlevés par l'ex-office GAFSA DJERID pour leurs mauvais fonctionnements (ils ne disposent pas de la pression nécessaire à leur fonctionnement : pression du réseau inférieur à la pression du limiteur). Mais ce système de régulation par double vanne ne permet pas d'avoir une répartition équitable de débit vu qu'il ne dispose pas d'un système de régulation de pression à la tête des antennes de côtes différentes (antennes hautes et antennes basses): Borne 1 sur antenne 1 = 22 l/s, Borne 2 sur antenne 2 = 20 l/s, Borne 3 sur antenne 3 = 20 l/s, Borne 4 sur antenne 4 = 19 l/s et Borne 5 sur antenne 5 = 19 l/s. La mode de distribution de l'eau se fait de la façon suivante: cinq antennes irriguent ensemble dans la moitié de la durée de la période d'irrigation qui est de 5 jours, puis on passe à l'irrigation des 5 autres antennes dans le reste de la période. Ce mode de distribution ne tient pas compte des dénivelés qui existent entre les antennes, et les antennes basses vont recevoir plus d'eau que les antennes hautes vu l'absence du système de régulation de pression. On signale quelques fuites d'eau dans les bornes basses estimée à 6 l/s. Le débit des pertes d'eau dans le réseau de canalisation est

presque nul compte tenu de la distance de la borne par apport aux forages (inférieur à 1200 m). On signale aussi le problème de vidange du réseau lors de l'arrêt des groupes de pompages dans les heures de pointe (18 h à 22 h en été et 19 h à 23 h en hiver). En effet les antennes et les bornes d'irrigation restent ouvertes pendant ce temps là. Et l'or de redémarrage des groupes on risque des coups de bélier dans le réseau si l'un des appareils anti-béliers ne fonctionne pas, de plus le temps de la recharge de la conduite va diminuer le temps d'irrigation dans les parcelles irriguées directement après le redémarrage des groupes.

3-3- Gestion de l'eau à la parcelle:

3-3-a: Découpage du périmètre: Le périmètre est découpé en 10 secteurs de superficies égales soit 20 hectares/Secteur. Et chaque secteur dispose d'une main d'eau de 20 l/s tous les 5 jours. Il s'agit d'un découpage simple.

3-3-b: Réseau de desserte de l'eau à l'intérieur de la parcelle: Le réseau de desserte d'eau à l'aval de la borne d'irrigation est constitué par:

- Des seguias principales qui sont construites en béton dans la plus part des parcelles et leur longueur varie d'une parcelle à l'autre de 50 à 700 mètres, mais la plupart d'entre elles sont en état défectueux vu qu'elles ne sont pas construites à la règle de l'art (absence de suivi de la part des services techniques).
- Des seguias en terre qui sont installées entre les lignes des palmiers soit une seguia pour deux lignes. La longueur de ces seguias est de l'ordre de 50 m / seguia et leur nombre varie de 17 à 20 seguias par lot de 2 ha. Les berges de ces seguias sont plantées en générale en arboricultures divers autres que le palmier. Ces seguias en terre sont mal nivelées et on rencontre parfois des contre-pentes qui bloquent la bonne circulation de l'eau, de même elles sont mal entretenue (envahies par les herbes) ce qui favorise les pertes par percolation.

3-3-c: Méthode d'irrigation: Dès le démarrage du périmètre, l'arrosage par gravité se fait par bassin de submersion ou cuvette. La superficie des cuvettes est variable dans la même parcelle et on peut rencontrer plusieurs types de dimensions (4*4, 4*5, 5*5, 5*6 etc...) mais cette surface ne dépasse les 50 m². Ceci est lié au manque d'expérience des agriculteurs dans le domaine de l'irrigation de surface (l'irrigation de surface exige en général des cuvettes de même dimensions pour qu'on puisse donner la même quantité d'eau dans les différentes cuvettes). Les cuvettes sont aussi mal exécutées et mal entretenues et on signale une mauvaise répartition de l'eau dans ces cuvettes.

3-3-d: Vérification de la dose appliquée: Au niveau de la parcelle on a une main d'eau de 20 l/s, un temps d'arrosage de 2 heures 30 minutes/ha et une superficie du lot est de 2 ha. Ceci nous donne une dose de $= 20 * 3,6 * 5 = 360 \text{ m}^3/\text{lot}$ soit une dose de $180 \text{ m}^3/\text{ha}$. La dose pratique adoptée à ce périmètre suivant l'étude d'exécution est de $480 \text{ m}^3/\text{ha}$ (dose adoptée pour les oasis modernes, cette dose est largement inférieure à la dose calculée par les chiffres les plus défavorables $550 \text{ m}^3/\text{ha}$, mais il est à noter que la dose pratique doit être toujours inférieure à la dose théorique surtout qu'on n'irrigue que les cuvettes de superficie largement inférieure à la superficie de la parcelle). On peut donc constater que la dose appliquée actuellement est strictement inférieure à la dose prévue par l'étude d'exécution.

3-3-e: Besoins en eau d'irrigation et du lessivage (étude d'exécution): Pour le calcul des besoins en eau d'irrigation et du lessivage, l'étude d'exécution a été basée sur les expérimentations qui ont été effectuées à la station de l'INRAT dans la palmeraie de Héliba (oasis modernes) tout près de l'oasis de Tozeur, menées par CRUESI de 1964 à 1969. Il s'agit des besoins bruts au niveau de la borne d'irrigation qui intègrent les pertes dans les seguias de transport, dans la mesure où le parcours d'eau en aval de la borne est limitée à 300 mètres, ils intègrent aussi les besoins en eau de lessivage. Le tableau 3 présente les apports actuels et les résultats de ces expérimentations pour les besoins d'une palmeraie moderne avec compris des cultures intercalaires.

Tableau 3. Les besoins en eau mensuels et l'apport actuel.

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total
Débit fictif			0,5	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
0,7	0,5												D.f.c. Moy
continu													0,75 l/s/ha
Débit fictif			0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,42	0,4	0,4
2	0,42	0,42											0,42
contractuel en l/s/ha													
Besoin mensuel													
prévu en m ² /m/an	1300	1800	1800	2100	2100	2100	2300	2300	2300	2100	180	180	23000 m ² /m/an
0	1300												
Besoin mensuel													
actuel en l/s/ha			1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	1080	108	108
0	1080	1080											m ³ /m/an

L'apport actuel ne répond pas aux besoins en eau d'irrigation et de lessivage d'un hectare et ne présente que 56% du besoin prévu pour l'étude.

3-3-f: Main d'eau et tour d'arrosage:

- La main d'eau: elle est de 20 l/s, c'est un module qui va avec la nature du sol et correspond aux expériences et aux traditions des agriculteurs.
- Le temps d'arrosage: il est actuel de 2 heures 30 mn / hectare. Ce temps d'arrosage multiplié par la main d'eau de 20 l/s ne donne pas la dose pratique prévue par l'étude.
- Le tour d'arrosage ou périodicité: il est de 5 jours favorables pour les cultures maraîchères dont les racines efficaces moins profondes et avec leur sensibilité, elle nécessite une périodicité moins longue que les cultures fourragères et les palmiers dattiers. Mais cette période est de 10 jours actuellement; en effet l'agriculteur n'irrigue que la moitié de son lot et laisse l'autre moitié au prochain tour.

3-3-g: Facteurs liés à la mauvaise gestion de l'eau d'irrigation à la parcelle

- L'éloignement des résidences des exploitants (tous les exploitants ne sont pas résidents dans leurs parcelles et habitent dans un rayon qui dépasse les 10 kms), l'absence des moyens de transport public et l'accès au périmètre non encore aménagé, tous ces facteurs limitent la présence de l'agriculteur et ont des conséquences graves sur l'irrigation et ne favorisent pas l'intensification des cultures.
- La faiblesse des revenus (plantation de valeur non encore productives) oblige la majorité des exploitants à chercher d'autres travaux pour pouvoir vivre, ceci limite les travaux à la parcelle et le suivi de l'eau d'irrigation.
- Le manque d'encadrement technique et des vulgarisations par des spécialistes en la matière.
- Le prix de l'eau bas (vu qu'il est subventionné par l'état) a favorisé la mauvaise utilisation de l'eau et son gaspillage.

Pour démontrer la mauvaise gestion de l'eau dans la parcelle on a mesuré quelques paramètres de l'irrigation sur le terrain.

3-4- Les mesures effectuées sur terrain pour l'analyse et le diagnostic des paramètres de l'irrigation à la parcelle.

3-4-1-Détermination de la surface réellement irriguée:

* Procédure

a- on a choisi 3 parcelles représentatives du périmètre :

- une parcelle cultivée seulement en palmier dattier (1 seul étage),
- une parcelle cultivée en palmier et maraîchage + fourragère (2 étages),

- une parcelle cultivée en 3 étages.

b- on a élaboré un plan schématique pour chaque parcelle dans lequel on a présenté toutes les unités hydrauliques et leurs dimensions (segua en terre, cuvette sous palmiers, cuvettes intercalaires).

Les résultats sont les suivants: (ces résultats sont déterminés pour un hectare car la parcelle a une superficie de 2 ha):

* Segua en terre: - nombre: 9 seguias, Longueur: 50 m, Largeur: 0,80 m; surface occupée par la segua: $50 \times 0,80 = 40 \text{ m}^2$ et la surface totale occupée par les seguias = $40 \times 9 = 360 \text{ m}^2$.

* cuvettes pour palmiers et cultures intercalaires: Les dimensions de ces cuvettes sont variables dans la même parcelle et on peut trouver plusieurs dimensions: 3*4; 4*4; 4*5; 5*6 mais les plus dominantes sont les cuvettes 5 m*5 m qu'on a recours pour le calcul de la surface irriguée: Cuvette = $5 \times 5 = 25 \text{ m}^2$.

c-on a appliqué ces dimension pour les différentes unités de chaque parcelle et on a trouvé:

- Dans la parcelle n°1 (1 seul étage) on a comme unités d'irrigation 90 cuvettes pour palmiers dattiers.

Les seguias en terre ne sont pas prises en compte car il n'y a pas des plantations dans les berges des seguias.

Pour cette parcelle la surface réellement irriguée est égale à: $90 \times 25 \text{ m}^2 = 2250 \text{ m}^2$ ou 0,225 ha.

- dans la parcelle N°2 (2ème étage), on a 90 cuvettes pour palmiers; 30 cuvettes intercalaires pour maraichage, pas de plantation dans les berges des seguias en terre.

Donc la surface réellement irriguée = $125 \times 25 + 3000 \text{ m}^2 + 0,3 \text{ ha}$.

- Dans la parcelle N° 3 (3 étage) on a: 90 cuvettes pour palmiers, 35 cuvettes intercalaires pour maraichages, des arbres fruitiers plants sur les berges des seguias en terre.

La surface totale irriguée = cuvette + seguias en terre

$$= (145 \times 25) + 360 = 3895 \text{ m}^2$$

qu'on peut l'arrondir à 0,4 ha.

Donc la surface réellement irriguée à l'état actuel ne dépasse pas les 40 % de la surface totale.

d-calcul de la dose appliquée dans les parcelles suivant les surfaces réellement irriguées. On a vu que la dose appliquée actuellement est de $180 \text{ m}^3/\text{ha}$ et la dose prévue par l'étude d'exécution est de $480 \text{ m}^3/\text{ha}$. Si on fait une comparaison de ces doses avec les surfaces réellement irriguées dans les 3 parcelles on trouve pour:

- la parcelle n°1 (1 seul étage) de $S = 0,225 \text{ ha}$, on a donc une dose à cette surface de: $180 / 0,225 = 800 \text{ m}^3$

Si on la compare à la dose adoptée par l'étude on a un surplus d'eau de $800 - 480 = 320 \text{ m}^3$. Donc on peut dire que la parcelle cultivée en un seul étage reçoit un surplus d'eau de 320 m^3 à chaque irrigation et vu la texture du sol qui est sableuse et la capacité de rétention faible, cette eau va s'infiltrer en profondeur et s'accumule dans la zone basse.

- La parcelle n°2 : S. réelle = 0,3 ha on a donc une dose de: $180 / 0,30 = 600 \text{ m}^3$

on a aussi un surplus d'eau qui est de $600 - 480 = 120 \text{ m}^3$ qui va être perdu par infiltration.

- La parcelle n°3 (3 étages) de surface réellement irriguée = 0,40 ha. On a donc une dose de $180 / 0,40 = 450 \text{ m}^3$

Si on la compare à la dose prévue par l'étude on a: $450 - 480 = -30 \text{ m}^3$. Donc pour la 3ème parcelle on n'a pas donné la dose prévue par l'étude et on a 30 m^3 d'eau en moins. Ainsi on peut conclure:

- qu'il y a un surplus d'eau pour les parcelles cultivées en un seul étage et deux étages et ce surplus d'eau explique l'apparition du problème de drainage dans la zone basse. Par contre les parcelles cultivées en 3 étages reçoivent une dose inférieure à celle prévue par l'étude;

- que la dose appliquée actuellement ne peut pas irriguer dans les meilleurs des cas plus que 40 % de la superficie totale d'une parcelle.

3-4-2 - Détermination de la dose adoptée dans les cuvettes:

* procédure: Au cours d'une irrigation on a mesuré le temps que met l'agriculteur pour irriguer une cuvette et le débit en tête de la cuvette (les outils utilisés sont: un chronomètre

et un seuil déversoir). Par la suite on a mesuré les dimensions de la cuvette (longueur et largeur) afin de déterminer sa surface. Les résultats sont les suivants:

* 1ère cuvette: Longueur: 6,70 m, Largeur: 5,40 m d'où $S=36 \text{ m}^2$. Le temps d'irrigation de la cuvette = 3 mm = 180 sec., débit en tête de la cuvette = 16 l/s. Donc la dose est $= 16 \cdot 10^{-3} \cdot 180 / 36 = 0,08 \text{ m} = 80 \text{ mm}$. L'agriculteur a donc appliqué une dose de $800 \text{ m}^3/\text{ha}$ alors qu'en réalité il doit donner une dose de $480 \text{ m}^3/\text{ha}$. Donc on a environ 2 fois la dose pratique prévue par l'étude. Il y a une grande quantité d'eau qui va se perdre en profondeur.

* 2ème cuvette: Longueur: 5,80 m, Largeur: 3,90 m d'où $S=23 \text{ m}^2$, le temps d'irrigation de la cuvette = 2 mm = 120 sec., le débit en tête de la cuvette = 18 l/s. La quantité d'eau donnée = $18 \cdot 2 \cdot 60 = 2160 \text{ l} = 2,16 \text{ m}^3$. La dose appliquée est de $2,16 / 23 = 0,093 \text{ m} = 93 \text{ mm}$ soit une dose de $930 \text{ m}^3/\text{ha}$ donc c'est presque deux fois la dose pratique prévue par l'étude. Cette mesure nous montre le manque d'expérience des agriculteurs dans le domaine de l'irrigation de surface et leurs pratiques d'irrigation restent traditionnelles, et les quantités d'eau perdues par infiltration et qui provoquent la remontée de la nappe phréatique dans la zone basse.

3-4-3- Mesure de l'humidité du sol juste après l'irrigation et dans 3 points différents de la parcelle.

Cette mesure consiste à déterminer l'humidité du sol dans les différents points de la parcelle afin d'évaluer l'irrigation. Donc juste après l'irrigation, on a pris des échantillons du sol dans 3 points différents de la parcelle:

- Le 1er point est la première cuvette irriguée au début de la parcelle.
- le 2ème point est la cuvette au milieu de la parcelle
- le 3ème point est la cuvette à la fin de la parcelle

La méthode adoptée pour la détermination de l'humidité est méthode gravimétrique.

Les résultats sont les suivants:

Donc si on prend l'horizon du sol de 0 à 20 cm et on fait une comparaison de l'humidité dans les 3 points de la parcelle on trouve:

- 1er point (cuvette au début de la parcelle) = 9,50
- 2ème point (cuvette au milieu de la parcelle) = 13,68
- 3ème point (cuvette à la fin de la parcelle) = 6,90

Ceci nous montre qu'il n'y a pas d'uniformité dans l'irrigation

Tableau 4. Humidités pondérales au niveau des profils.

N° Profil	Horizon (cm)	Humidité pondérale
Profil N°1 (cuvette au début de la parcelle)	0-20	9,50
	20-40	11,50
	40-60	11,43
Profil N° 2 (cuvette au milieu de la parcelle)	0-20	13,68
	20-40	16,33
	40-60	9,80
Profil N°3 (cuvette à la fin)	0-20	6,90
	20-40	8,26
	40-60	18,48

4 - Délimitation de la zone racinaire d'un palmier dattier de la variété Deglat Nour à l'âge de 7 ans

* Procédure: On a choisi un palmier dattier bien développé productif bien irrigué et situé sans la zone haute (pas de problème d'hydromorphie). Tout au tour du tronc on a creusé un certain nombre de profils à des distances allant de 30 à 120 cm; l'analyse de ces profils nous a donné les résultats suivants:

- à 30 cm du tronc du palmier on trouve des racines à la surface et en profondeur

- à 90 cm du tronc du palmier on trouve aussi des racines en surface et en profondeur
- à 120 cm du tronc, il n'y a pas des racines en surface ni en profondeur

On a fait la même pour un profil de 1,10 du tronc de palmiers et on a trouvé quelques bouts de racines en profondeur. Cette mesure nous a donné une idée sur la zone racinaire d'un palmier dattier de la variété Deglat à l'âge de 7 ans et nous a permis de dire (mais avec précaution) que les racines d'un palmier dattier à l'âge de 7 ans ne dépassent pas un rayon de 1,10 m tout au tour du tronc du palmier. Le résultat de cette mesure peut aussi nous permettre de choisir les dimensions d'une cuvette sous palmiers. Connaissant la dose adoptée (D) à l'irrigation qui est de 480 m³/ha (dose prévue par l'étude). On a: $D = (q \cdot t) / S$ avec $D = 480$ m³/ha, $q =$ débit en tête de la cuvette, $t =$ temps d'irrigation appliqué pour avoir la dose (D) et $S =$ la superficie de la cuvette. On peut agir sur la facteur temps pour déterminer les dimensions de la cuvette, donc choisir une dimension qui dépend d'un temps donné et ce temps doit être facile à manipuler par l'agriculteur. Donc prenant les dimensions existantes actuellement et voir quel est le temps nécessaire pour appliquer la dose:

- Cuvette: 3 m * 3 m, on a $S = 9$ m² d'où $t = D \cdot S / q$ avec $D = 480$ m³/ha, $S =$ Surface en m² et $q =$ Débit en tête du cuvette en m³/s.

On prend un débit de 16 l/s (on a retranché les pertes dans les seguias en terre qui sont de l'ordre de 20 %), on trouve donc $t = (480 \cdot 9) / (0,016 \cdot 10.000) = 27$ sec. C'est un temps aussi court.

- Cuvette de dimension 4 * 5 m, on a $S = 20$ m² et $t = 60$ sec. Ce temps peut être manipulé par l'agriculteur donc on peut garder cette dimension des cuvettes parce qu'elle représente aussi une marge de sécurité pour le développement des racines.

5-Mesure de débit dans une seguia en terre:

L'opération consiste à suivre le débit dans une seguia en terre et déterminer les pertes par percolation. Trois seuils déversoirs ont été installés dans trois points différents d'une seguia en terre de longueur 50 ml.

- le 1er seuil a été placé juste à la sortie de l'eau de la seguia principale en béton
- le 2ème seuil est placé au milieu de la seguia
- le 3ème seuil est placé à la fin de la seguia

Après la stabilisation de la hauteur d'eau dans les 3 seuils on trouve les résultats suivants: 1er seuil = 20 l/s, 2ème seuil = 18 l/s et 3ème seuil = 16 l/s. Donc on a une perte de 4 litres/s sur une longueur de 50 ml ce qui représente environ 20 % du débit en tête.

Récapitulation des principales conclusions

L'analyse de la situation actuelle de l'irrigation nous permet de tirer les conclusions suivantes:

- 1 - Mauvaise gestion de l'eau disponible à la source qui a aboutit à un déficit en eau dans le périmètre
- 2 - Malgré le déficit en eau actuel on a un problème d'hydromorphie au niveau de la zone basse du périmètre qui a pour cause la mauvaise utilisation de l'eau dans la parcelle.
- 3 - L'absence d'un réseau en dur à l'aval de la borne et les pratiques traditionnelles de l'irrigation au niveau de la parcelle ont abouti à des pertes de grandes quantités d'eau par percolation et ont aggravé le problème de l'hydromorphie.

Recommandations

On a pu montrer qu'il y a des grandes quantités d'eau perdues par percolation au niveau de la parcelle et qui résultent de l'ignorance des agriculteurs des techniques de l'irrigation de surface et de l'absence d'un réseau en dur adéquat à l'aval de la borne

Ainsi, la nécessité exige la recommandation de quelques actions qui permettent d'économiser l'eau d'irrigation dans ce périmètre.

Ces actions sont :

1-Proposition d'un programme de vulgarisation de l'irrigation basé sur des actions simples que l'agent vulgarisateur puisse les transmettre aux irriguants et ces actions permettent d'améliorer l'irrigation et aboutissent à une économie de l'eau d'irrigation.

a - Actions simples à la portée de l'agriculteur et qui ne demandent pas des investissements.

- La sensibilisation des agriculteurs aux travaux de préparation à l'irrigation tels que nettoyage, désherbage et réglage du fond et des berges des seguias en terre afin de faciliter la circulation de l'eau au cours de l'irrigation.

- Sensibiliser l'agriculteur à suivre l'eau au cours de l'irrigation et ne la laisse pas perdre à tort et à travers.

- Préparation des cuvettes qui doivent être bien nivelées et bien entretenues et doivent avoir les mêmes dimensions.

- * montrer à l'agriculteur comment on peut appliquer la dose d'irrigation en jouant sur le temps ou sur la hauteur de la lame d'eau dans la cuvette afin de limiter les grandes doses appliquées actuellement et qui font perdre des grandes qualités d'eau par infiltration.

Exemple: pour une cuvette de 4 * 5 m et avec un débit de 16 l/s, il doit laisser l'eau couler dans la cuvette pendant un temps de 1 mn et il aura la dose nécessaire dans cette cuvette

- Amélioration de la texture du sol

- Diminuer le nombre des seguias en terre exemple faire un seguia en terre pour 4 rangers au lieu de 2 rangers.

- Sensibiliser l'agriculteur sur le travail du sol, vu l'importance de cette action sur la croissance de la plante et la valorisation de l'eau d'irrigation.

b - actions d'économie d'eau qui demandent des investissements de la part de l'agriculteur

- Encourager l'agriculteur à équiper sa parcelle par un réseau en dur tel que PVC, seguias en béton, sources, multiples films plastiques etc...) Ces encouragements peuvent être sous forme des prêts à long terme (jusqu'à ce que les plantes de valeur deviennent productives) soit sous forme d'un programme national ou régional qui aide ses agriculteurs à installer des réseaux en dur.

2 - En plus de ce programme de vulgarisation, on peut aussi recommander les actions suivantes :

- Continuer à suivre et à étudier l'irrigation pour déterminer les paramètres stricts à ce périmètre qui facilite la tâche de vulgarisation et l'encadrement technique

- Suivre l'efficacité de nouveau réseau de drainage par contrôle excessif des mouvements de la nappe.

- Création d'une parcelle de démonstration qui facilite ma tâche d'irrigation

- La création d'une association d'intérêt collectif

CONCLUSION GENERALE

Face à l'aggravation des problèmes de la mauvaise utilisation de l'eau d'irrigation surtout dans la parcelle et qui ont abouti à un problème grave qui touche actuellement plus que la moitié du périmètre, l'obligation exige que notre tâche d'avenir sera orientée totalement à l'étude et le suivi de l'irrigation à la parcelle afin de mieux utiliser l'eau.

Cette eau qui est devenue rare et chère, bien employée, elle conduit à des résultats remarquables, mais mal utilisées, elle conduit à des échecs graves c'est pourquoi la maîtrise de l'irrigation est essentielle; surtout dans la région du Djérid où les ressources en eau limitées et non renouvelables et où l'eau présente une source de vie pour la majorité de la population.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Direction du Génie Rural-Tunis: Création du périmètre irriguée Drâa Sud (Etude d'exécution)

Arrondissement Sol CRDA Tozeur: Etude pédologique Drâa Sud. Juin 1991.

Arrondissement P.I.: Caractéristiques des équipements des forages. Février 1993.

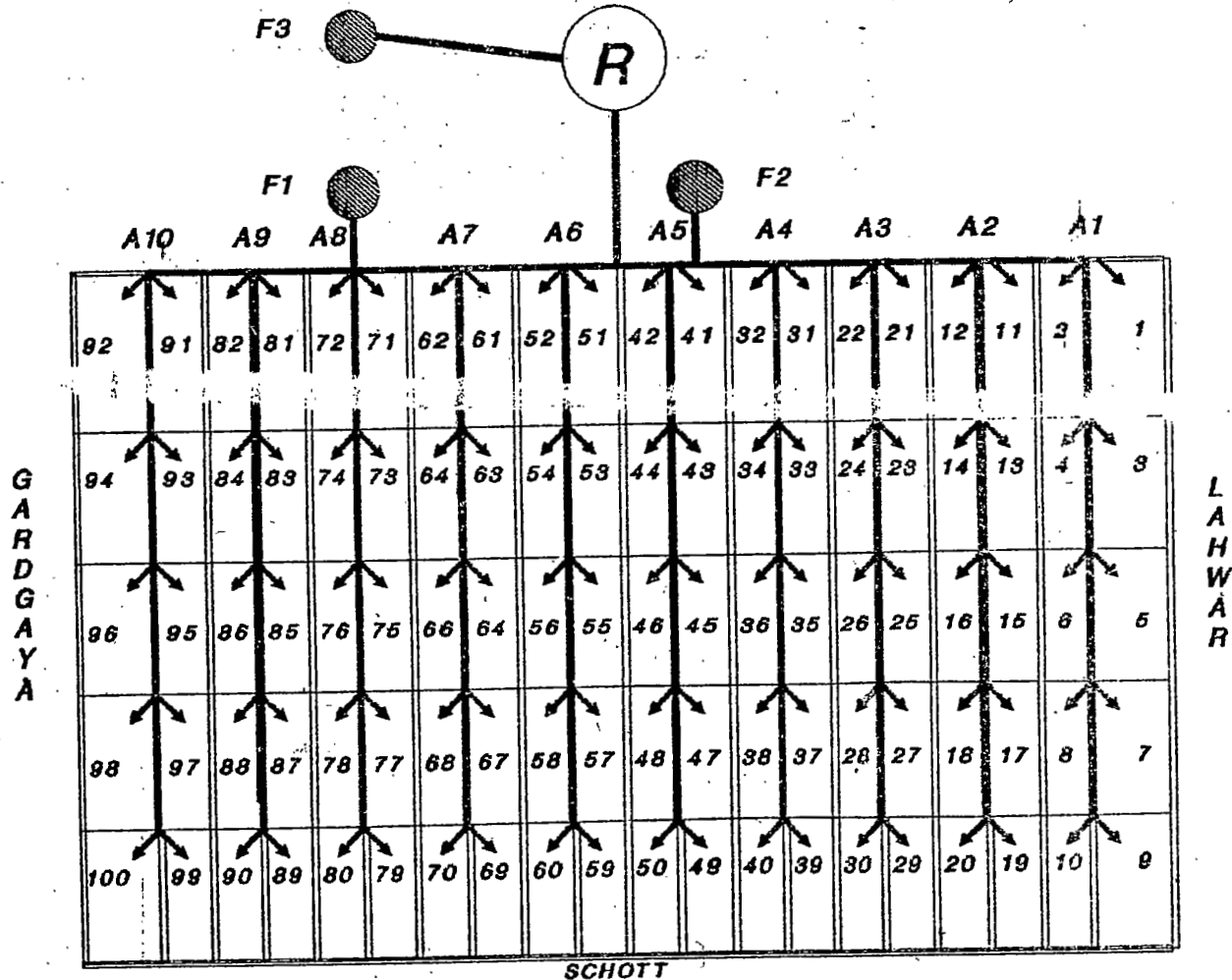
Arrondissement R.E.: Fiches de réception des forages. 1986

Centre National des Etudes Agronomiques: Etude d'exécution de drainage d'oasis dans le Djerid: Oasis Drâa Sud: Octobre 1993.

Cellule Territoriale de Vulgarisation: Rapport annuel 1993.

FIGURE 1.

PERIMETRE IRRIGUE DE DRAA SUD



ANNEXES

Figure 1. Le périmètre irrigué de DRAA SUD.

Figure 2. Le réseau de disserte d'eau dans une parcelle.

Figure 3. Les sites d'échantillonnage du sol.

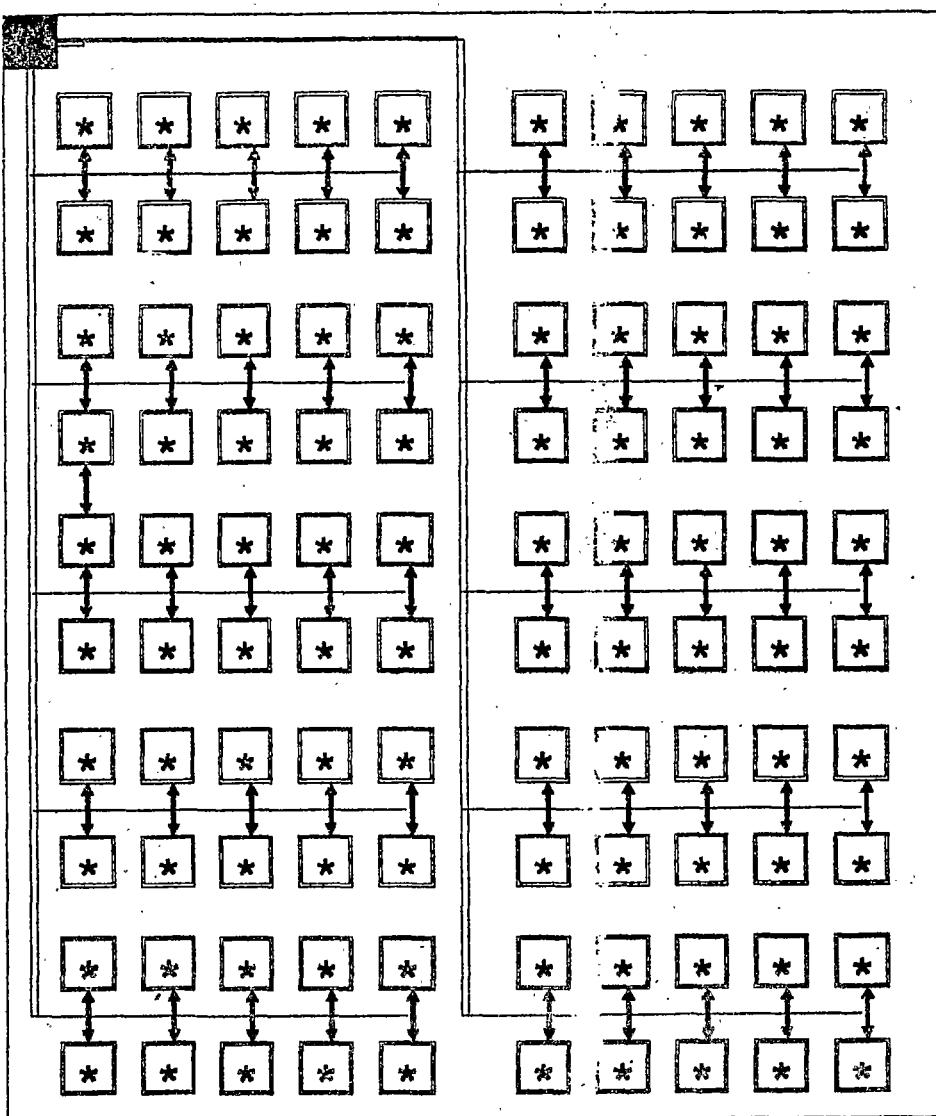
Figure 4. Evolution de la consommation en eau.

FIGURE 2

**RESEAU DE DISSERTE D'EAU DANS UNE
PARCELLE (S=1H)
PLAN SCHEMATIQUE**

DESIGNATION :

B.1  Ségúia en béton  Cuvette d'irrigation
 Ségúia en terre



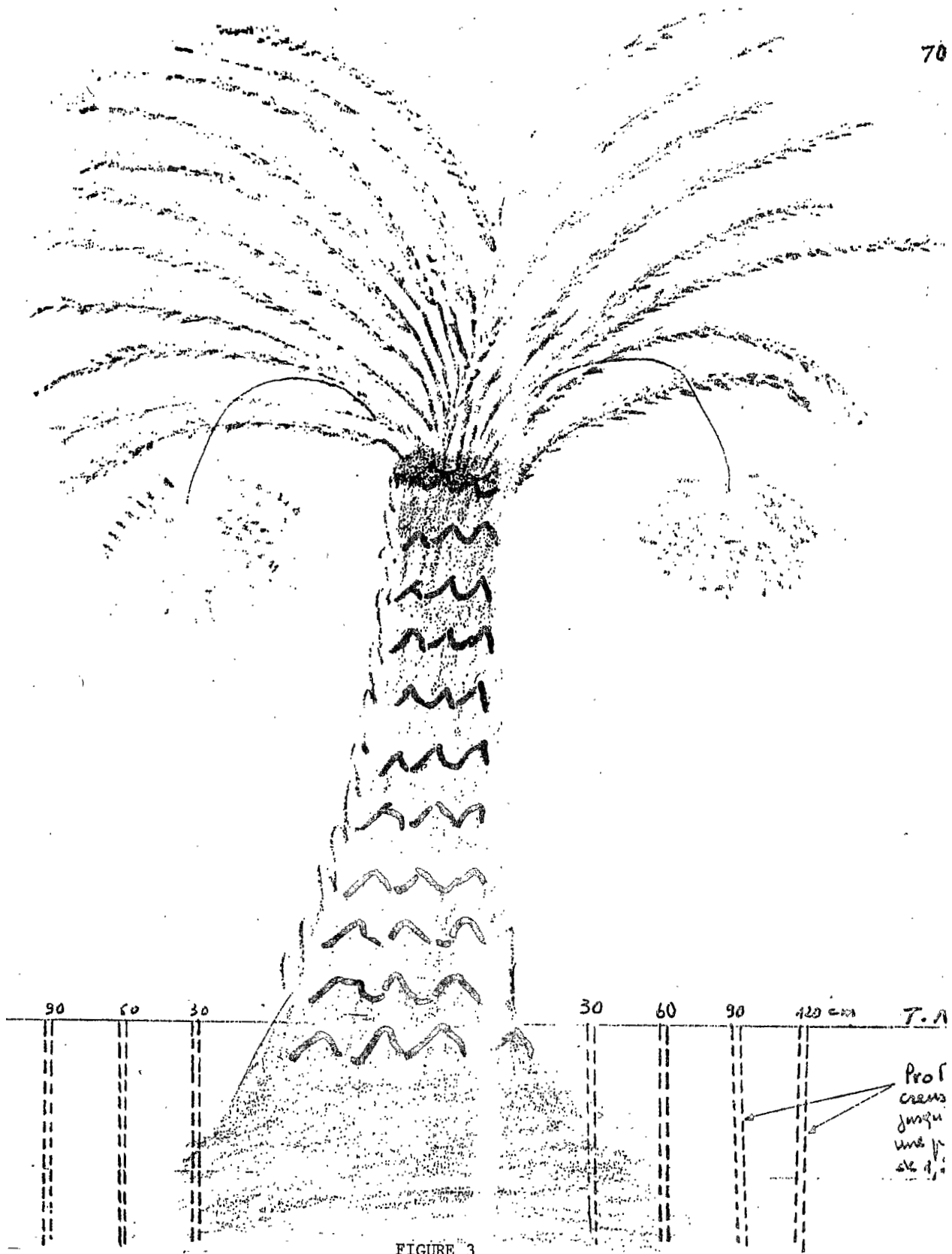
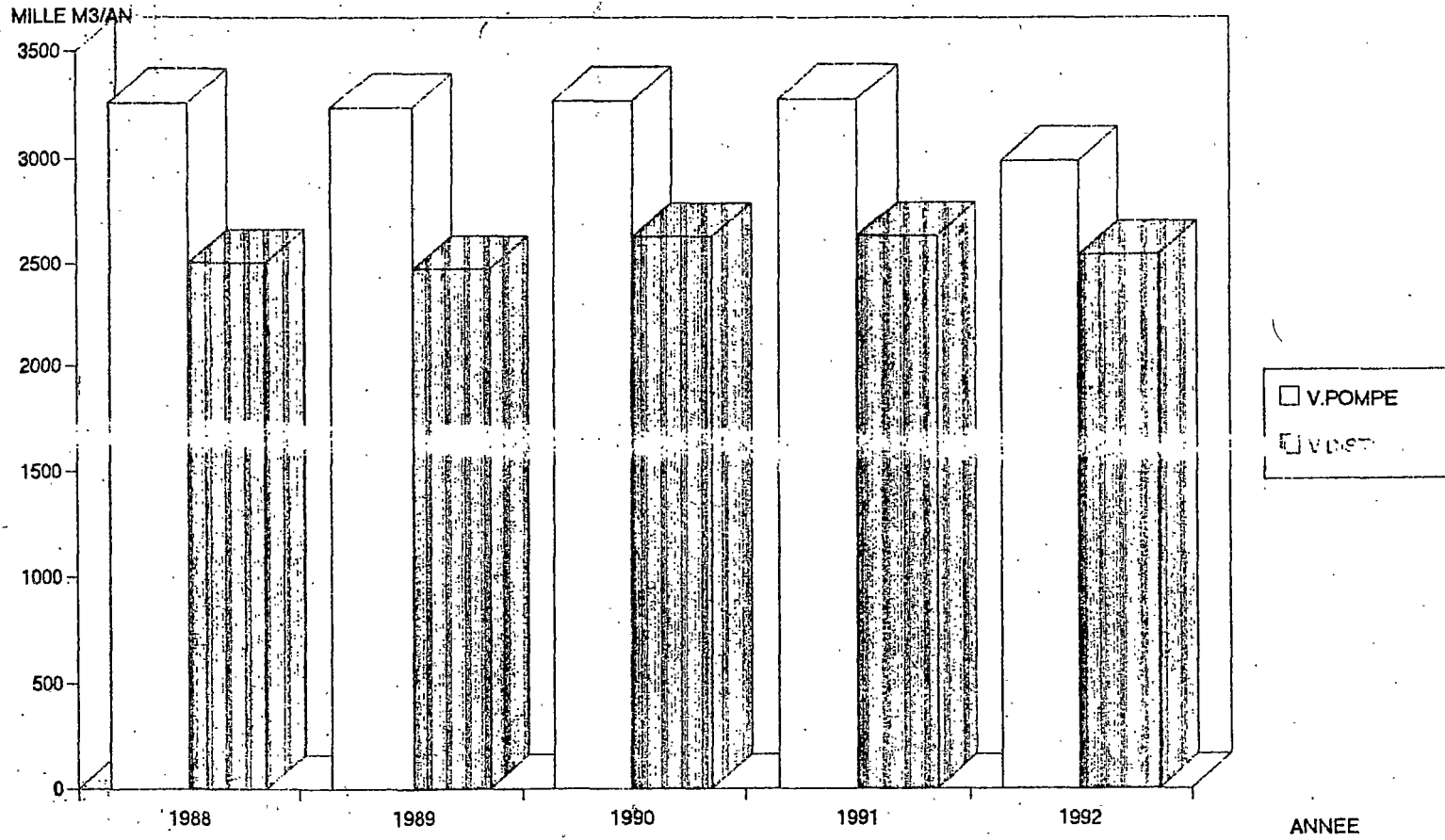


FIGURE 3

Les sites d'échantillonnage du sol

FIGURE 4 EVOLUTION DE CONSOMMATION EN EAU



AMENAGEMENT HYDRAULIQUE ET GESTION

DE L'EAU DANS LES OASIS DE GAFSA

HABBOULA Abdelhafid (*)

(*): Arrondissement des Périmètres Irrigués de Gafsa.

Résumé: L'article traite les aspects suivants concernant les oasis de Gafsa:

- Ressources en eau et tradition de l'irrigation au niveau des oasis.
- Déficit en eau pendant les années 80.
- Projet de rénovation des oasis: composantes, objectifs et réalisations.
- La gestion de l'eau et les structures des A.I.C.:
- Composante hydraulique et maîtrise de l'eau;
- Composante agronomique et problème de rénovation (Aptitude des sols);
- Vulgarisation, approvisionnement et écoulement de la production.

INTRODUCTION

Les périmètres irrigués du Gouvernorat de Gafsa sont situés dans un climat aride prédésertique caractérisé par une faible pluviométrie allant de 120 à 180 mm/an. Les vents violents causent des dégâts importants et l'amplitude thermique est forte. De ce fait, les cultures irriguées sont soumises à une évapotranspiration potentielle intense de l'ordre de 1400 mm/an. La superficie des périmètres irrigués, dans le Gouvernorat de Gafsa, est actuellement de 8100 ha. 4400 ha sont créés autour des forages et sources d'eau et 3700 ha sur des puits de surface. Le débit d'équipement total des forages est de 2050 l/s. Les oasis de Gafsa ont une superficie de 3129 ha occupées par l'arboriculture et les cultures maraichères et fourragères en intercalaire. Traditionnellement les usagers d'eau sont organisés en "Association d'Intérêt Collectif" (AIC), qui gèrent en autonomie certains forages et qui distribuent l'eau d'irrigation. L'eau d'irrigation était le facteur limitant pour l'intensification culturale et l'extension des superficies agricoles productives. A cet effet, un programme de rénovation des oasis a été établi, dont l'objectif est de mobiliser les ressources en eau disponibles des nappes de Gafsa-nord et de Gafsa-sud et d'améliorer la distribution de l'eau sur les superficies des oasis au profit de la modernisation de la production agricole des oasis. Ce travail traite les situations ancienne et actuelle, aux niveaux de l'aménagement hydraulique et de la gestion de l'eau dans les oasis du gouvernorat.

I - SITUATION ANCIENNE DES OASIS

Les oasis de Gafsa couvrent une superficie de 3129 ha réparties entre les A.I.C. suivantes:

Oasis de Gafsa Sud Ouest: 703 ha, Oasis de Gafsa Kasbah: 698 ha, Oasis de Gafsa Ksar: 578 ha, Oasis de Lala: 700 ha et Oasis d'El Guettar: 450 ha. La gestion de l'infrastructure hydraulique de chaque oasis revient en partie à une Association d'Intérêt Collectif (AIC) qui s'occupe de l'organisation des irrigations et de la distribution de l'eau. Dans l'ancienne situation, les débits fournis pour l'irrigation étaient assurés simultanément par: des sources naturelles: 345 l/s, des puits filtrants: 10 l/s, des forages pompés: 558 l/s et des forages artésiens: 65 l/s soit un débit total de 978 l/s. Le débit des sources et des puits filtrants est en baisse graduelle, l'artésianisme commence à disparaître petit à petit, et ce phénomène s'accroît au fur et à mesure que les années se succèdent provoquant ainsi une diminution du taux d'irrigation qui était de l'ordre de 0,16 l/s/ha. Les réseaux anciens ont été réalisés au début des années cinquante et leur mauvais état ne permettait pas une utilisation efficace des ressources en eau disponibles. La perte d'eau entre les sources d'eau et les lieux d'irrigation peuvent dépasser aisément le taux de 50 % du débit capté (exemple de l'oasis de Ksar). L'origine de ces pertes est diverse: longueur excessive des seguias en terre,

fissuration et affaissement des canaux etc.... L'organisation de l'irrigation devenait lourde et ne satisfait en aucun cas le désir de l'agriculteur de disperser d'un débit qui répond aux besoins en eau de l'irrigation dans le temps et dans l'espace (exemple de l'oasis de Kasbah: Tableau n°1).

II - LE PROJET DE SAUVEGARDE ET DE RENOVATION

II.1 - Les objectifs

L'irrigation avec les eaux artésiennes de la "faille de Gafsa" et la gestion communautaire des eaux est une tradition millénaire dans le sud de la Tunisie. Durant la première moitié du 20^{ème} siècle, la croissance démographique a rendu nécessaire l'extension des superficies irriguées, par l'introduction des forages et l'exhaure mécanique des eaux souterraines. Plus tard, dans les années soixante dix, a été élaboré un Plan Directeur de l'utilisation des Eaux du Sud (PDES). Et dans ce cadre qu'un projet a été élaboré pour la sauvegarde et la rénovation des oasis de Gafsa, avec 5 objectifs:

- La mobilisation de nouvelles ressources en eau par la création de nouveaux forages.
- La réalisation d'un réseau hydraulique, par oasis, efficient et répondant au désir de l'agriculteur.
- L'organisation de l'irrigation, en tenant compte de la situation actuelle, des aspects sociaux et des caractéristiques physiques des sols des oasis en vue d'améliorer les services à l'agriculteur.
- La rénovation des oasis par l'arrachage de 85.000 vieilles plantations et la plantation de 300.000 nouveaux arbres.
- L'augmentation des superficies maraîchères et fourragères.

II.2 - Les réalisations

II.2.1 Oasis de Gafsa:

a) Réseau commun de refoulement et d'adduction: (Schéma n°2)

- Création, électrification et équipement de 21 forages avec abris et clôtures

- Construction de 3 réservoirs avec clôtures:

* Réservoir R1 de 2000 m³

* Réservoir R2 de 1500 m³

* Réservoir R3 de 50 m³ et 24 m de hauteur

- pose de 31.000 ml de conduite de 300 mm à 600 mm

- Construction de 118 ouvrages couvrants sur réseau (vidanges, ventouses, vannes, etc...)

b) Réseau de distribution : Schéma N°3

- Pose de 64.500 ml de conduite de 150 mm à 600 mm. Construction de 210 bornes d'irrigation. Construction de 165 ouvrages courants. Construction de 26.000 ml de seguias bétonnées.

II.2.2 Oasis de Lala (Schéma n°4)

a - Réseau de refoulement et d'adduction : Création, électrification et équipement de 7 forages avec abris et clôtures, construction d'un réservoir de 1500 m³, pose de ml de conduite de 300 mm à 600 mm.

b - Réseau de distribution : pose de 23.00 ml de conduite de 150 mm à 600 mm, construction de 67 bornes d'irrigation, construction de 75 ouvrages courants, construction de 9.500 ml de seguias bétonnées.

II.2.3 Oasis d'El guettar (Schéma n°5): Création, électrification et équipement de 2 forages avec abris et clôtures, construction d'un réservoir de 500 m³ et réaménagement d'un réservoir de 500 m³, création de 8 bornes d'irrigation et réaménagement de 26 autres, pose de 2.300 ml de conduite de 300 mm, construction de 6 ouvrages de sectionnement, construction de 18.000 ml de seguias bétonnées.

II.2.4 actions complémentaires: Construction de 3 CTV, construction d'une laboratoire d'analyse d'eau et de sol, acquisition de matériel roulant.

3- Coût du projet: Le projet a été réalisé en plusieurs tranches : les deux premières tranches ont été exécutées de 1989 à 1991 et concernent l'installation de l'infrastructure hydraulique de base. Le coût de cette opération s'élève à 15 millions de Dinars. La troisième tranche qui, concerne le renforcement des ressources en eau, l'exécution de quelques actions complémentaires au projet, devrait s'achever en 1994. Le coût total réservé à cette phase est de 2,5 millions de dinars. Le coût global du projet revient à 17,5 millions de Dinars, soit un coût unitaire de 5600 D/ha.

III. LES RESSOURCES EN EAU: ETAT, BESOINS ET GESTION

1 - Mobilisation, ressources et consommation en eau:

1.1. Les eaux pompées: Les oasis de Kasbah, Ksar et Sud-Ouest sont alimentées à partir des deux nappes de Gafsa Sud et Nord : Une batterie de 10 forages, gérés par le CRDA qui alimentent le réseau commun des oasis par un débit de 630 l/s (nappe de GN), un ensemble de 3 forages de 180 l/s gérés par les AIC de Kasbah et de Ksar (nappe de GN), une batterie de 7 forages de 230 l/s gérés par les trois AIC (nappe de GS). Le total des débits mobilisés et exploités est de 1010 l/s, soit un volume de 2.181.000 m³ au mois de pointe (sans compter le forage GNR2 qui est fermé à cause de son influence immédiat sur le tarissement des sources de Oued Elbey qui alimentent la piscine Romaine et qui donne 70 l/s). Les oasis de Lala et d'El guettar sont alimentées par 7 et 4 forages gérés par les AIC et donnant respectivement des débits de 350 l/s et de 180 l/s, soit des volumes mobilisés au mois de pointe de 756.000 m³ et de 389.000 m³. D'après les expériences des trois dernières années, les résultats suivants sont enregistrés:

a- Oasis de Kasbah, Ksar et Sud-Ouest (tableau N°2): Le volume distribué a nettement augmenté de 11,1 millions de m³ en 1991 (première année du fonctionnement du projet) à 15,5 millions de m³ en 1993; au mois d'Août 1993 le volume distribué était de 1.901.000 m³ soit 88 % des ressources mobilisées, le volume moyen annuel distribué est passé de 5600 m³/ha/an en 1991 à 7800 m³/ha/an en 1993 (sans considérer les eaux des sources).

b- Oasis de Lala et d'El Guettar (tableau N°2): Entre 1991 et 1993, le volume distribué a augmenté de 74 % à El guettar et de 49 % à Lala. Au mois de pointe de 1993, les volumes distribués étaient respectivement de 514.000 m³ et 380.000 m³ à Lala et El guettar, soit 57 % et 97 % des ressources mobilisées; le volume moyen annuel distribué est passé respectivement de 4600 m³/ha/an et 5100 m³/ha/an en 1991 à 8400 m³/ha/an et 7700 m³/ha/an en 1993; globalement, l'évolution de la consommation de l'eau dans les oasis de Gafsa, entre la première année de mise en eau et 1993, dépasse largement 35 % comme le montre le tableau n°3 ci-dessous.

Tableau n°3: Evolution de la consommation d'eau (en 1000 m³)

Mois	Année	1991	1992	1993 au 31 Octobre
Janvier		712	1259	1086
Février		504	1174	1309
Mars		820	1250	1277
Avril		1152	1604	1980
Mai		1682	2133	2266
Juin		1650	2039	2614
Juillet		2207	2004	2660
Août		2218	1981	2811
Septembre		1962	1944	2297
Octobre		1861	1605	2154
Novembre		1243	814	-
Décembre		707	821	-
Total		16718	18628	20454

- Avec l'exécution du programme d'entretien préventif et l'expérience acquise par les services techniques en matière de maintenance, les pannes sont moins nombreuses et les interventions de dépannage sont plus rapides pour assurer une desserte en eau continue, surtout pendant les mois de forte consommation.

1-2: Eau d'irrigation à partir des sources: Les eaux de sources sont en particulier utilisées pour l'irrigation au niveau des oasis de Kasbah et Ksar. Depuis la destruction du barrage de Lala par les eaux des crues pompées de la nappe de Gafsa-nord, mobilisée dans le cadre du projet de rénovation des oasis de Gafsa. Après la reconstruction du barrage en 1993, sur le Programme National, les ressources en eau de l'oasis vont être renforcées par un débit continu de 140 l/s, ce qui permettrait de répondre aux besoins manifestés par les exploitants limitrophes, pour l'extension de l'oasis de Lala. L'évolution des débits des sources et des volumes d'eau distribués depuis 1991 se présentent comme suit:

Tableau N° 4: évolution des débits des sources (Qe: débit estival en l/s, Qh: débit hivernal en l/s et Vd: volume distribué en millions de m³).

Oasis	1991			1992			1993		
Oasis	Qe	Qh	Vd	Qe	Qh	Vd	Qe	Qh	Vd
Ksar				45	63	1,7	35	-	0,54
Kasbah		121	1,9	83	118	3,1	57	-	0,88
Total		121	1,9	128	181	4,8	92	-	1,42

Plusieurs conclusions sont dégagées de ce tableau et surtout de l'expérience des deux saisons estivales 1992 et 1993:

- Une diminution annuelle est enregistrée au niveau des débits des sources (à titre indicatif et entre l'été 1992 et celui de 1993, la diminution est de 40 %). Le volume global consommé à partir des sources d'eau de kasba et du Ksar est passé de 4,8 millions de m³ en 1992 à 2,9 millions de m³ en 1993.

- Une variation saisonnière des débits, de l'ordre de 40 %, est essentiellement liée au pompage intensif de la batterie des forages de la nappe de Gafsa-nord pendant la saison estivale (l'écoulement de plusieurs sources est complètement arrêté pendant la campagne d'irrigation de 1993).

1-3 Consommation globale de l'eau: cas de 1993. Le volume pompé cette année au niveau des oasis de Gafsa est de 20,47 millions de m³ au 31 Octobre 1993. Les prévisions de l'année 1993 étaient de 20,5 millions de m³ (soit 100 % de réalisation par rapport aux prévisions) et une augmentation de 20 % par rapport aux résultats d'exploitation de l'année 1992). Le volume globale distribué au 31 Octobre 1993 à partir des sources d'eau et des forages est de 22 millions de m³. Pour une superficie équipée et irriguée de 3129 ha, le volume moyen annuel est de 8500 m³/ha. La consommation maximale est enregistrée au niveau des oasis de Kasba, du Ksar et de Lala (superficie de 8850 m³/ha).

2 - Organisation de la distribution de l'eau

2.1. Elaboration du tour d'eau: Dès le début de l'année 1992 les services techniques de l'Arrondissement des Périmètres Irrigués ont élaboré un calendrier du tour d'eau d'irrigation en actualisant les plans parcellaires des cinq oasis. Ces calendriers ont été ensuite envoyés au AIC pour d'éventuelles réserves ou réclamations. Conformément aux paramètres d'irrigation fixés par l'étude (tableau n°5 ci-dessous) et pour chaque parcelle, on a établi: le nom du propriétaire, le numéro de la parcelle, la superficie de la parcelle, le temps d'irrigation, l'heure et le jour de l'irrigation, les numéros de la borne et du secteur d'irrigation: Une première expérience a été réalisée au niveau de l'AIC Kasbah en été 1992, qui avec l'assistance des services techniques, a réussi à mettre en fonctionnement 50 % des bornes d'irrigation en fonction du tour d'eau, tout en considérant avec souplesse les plans culturels des irrigations. Après les premières contestations, la discipline a été acceptée par la majorité, particulièrement par les petits irrigués, qui deviennent assurés de bénéficier

de leur quota. En 1993, l'instauration du tour d'eau dans les oasis a constitué une des préoccupations prioritaires du CRDA. Ces tours d'El guettar en fonction de:

- L'existence d'absentéiste et/ou d'agriculteurs qui ne demandent pas d'eau pour l'intensification des cultures
- L'existence d'agriculteurs dont la demande en eau dépasse les quotas moyens et qui s'intéresse à absorber les quotas prévus pour les autres agriculteurs,
- La capacité du réseau de permettre des échanges inter-sectoriels dans le cas où la demande sectorielle ne consomme pas les quotas alloués.

Les résultats de ce cette procédure sont satisfaisantes où 70 % des mains d'eau de chaque oasis ont été distribuées conformément aux calendriers du tour d'eau. La partie restante est distribuée à la demande. Au niveau des trois autres oasis, ce mode d'irrigation n'a pas encore été testé malgré l'effort de sensibilisation permanent concernant la nécessité d'application des calendriers de distribution de l'eau d'irrigation.

Tableau N° 5 : Paramètre d'irrigation

DESIGNATION		Oasis Gafsa-Lala	Oasis El Guettar
Durée entre deux irrigation	Cultures Maraîchères	7 jours	7 jours
	Cultures Arboricoles	14 jours	14 jours
Taux d'irrigation (20/24 heures)		0,6 l/s/ha	0,42 l/s/ha
Main d'eau		30 l/s	30 l/s
Temps d'arrosage à l'ha	Cultures Maraîchères	2h 54'	1h 58'
	Cultures arb.	5h 48'	3h 56'
Secteur d'arrosage		50 ha	70 ha
Superficie desservie par 1 borne		10 ha	13 ha
Méthode d'irrigation	Reste inchangée (gravitaire)		
Système de distribu- tion de l'eau	Les périmètres de Gafsa et de Lala divisés en secteurs de 10 ha chacun, L'irrigation à la demande (1 main d'eau) à la tête de chaque secteur, A l'intérieur d'un secteur l'irrigation se fait au tour d'eau entre les bornes (5 bornes). Le périmètres d'El Guettar est divisé en 7 secteurs.		
Durée d'irrigation et de pompage	Durée de pompage: 20 heure par jour, Durée d'irrigation: 20 heures par jour		

3 - Les AIC et la gestion de l'eau

Traditionnellement, les usagers d'eau sont organisés en Association d'Intérêt Collectif (AIC), qui gèrent en autonomie certains forages et qui distribuent l'eau d'irrigation. Il y a une AIC par oasis (les trois AIC de Kasbah, Ksar, et Sud-ouest sont organisées en AIC, respectivement depuis 1972, 1973 et 1941..

3.1 Organisation administrative et financière:

La situation administrative et financière des AIC a beaucoup évoluée après la réalisation et la mise en eau des réseaux d'irrigations des oasis :

- Les AIC sont actuellement gérées par un conseil d'administration de 3 à 9 membres, élus à l'occasion de l'organisation des assemblées générales électives, et approuvés par le GIH.

- Un renouvellement du tiers des membres du conseil d'administration se fait chaque année par élection.

- L'affectation de la gestion financière aux conseils d'administration est une réforme qui a sensiblement amélioré la situation actuelle en introduisant plus de souplesse dans la gestion financière.

Globalement les budgets des cinq AIC ont été augmentés de 180 % au cours des trois dernières années 1991-1993, et toutes les AIC ont un bilan positif en 1993.

3-2 Contraintes:

Malgré l'évolution importante enregistrée au niveau de la gestion administrative et financière, quelques facteurs défavorables semblent freiner cette amélioration :

- Le manque de locaux et d'équipements, les conflits internes, le désintéressement de quelques agriculteurs constituent des difficultés réelles pour une meilleur organisation du mouvement associatif,

- La chute de l'artésianisme, l'augmentation continue du coût de l'eau d'irrigation, les responsabilités nouvelle des AIC en matière prise en charge des dépenses d'exploitation nécessitent des conseils d'administration forts et crédibles...

- L'équilibre financier dépend presque uniquement de la vente d'eau, vu la réticence enregistrée au niveau des agriculteurs pour payer les cotisations annuelles.

- Le budget d'entretien et de la maintenance reste sous-estimé, comptant sur les prestations susceptibles d'être accordées par le CRDA et le Gouvernorat. En 1992 et 1993, un montant moyen ne représentant que 3 % des dépenses totales a été prévu pour l'opération de la maintenance.

4 - Tarification et vente de l'eau:

Le prix de vente prévu et appliqué de 1991 à 1993, le volume d'eau facturé au niveau des trois oasis de Gafsa, les recettes de la vente de l'eau d'irrigation et le taux de recouvrement des recettes sont donnés par le tableau n°6 suivant:

Tableau n°6: Vente de l'eau d'irrigation dans les oasis de Gafsa

Année	1991	1992	1993
Volume facturé (106 m ³)	6,2	6,7	7,8
Volume de vente du m ³	14-16	18-20	20
Recettes (1000 D)	103	129	153
Taux de recouvrement	67 %	95 %	100 %

Le prix de revient du m³ d'eau d'irrigation et de 35 Millimes, soit une subvention étatique de 43 % (l'amortissement de l'infrastructure hydraulique n'est pas prise en considération).

5 - Occupation des sols

5.1 Préventions

a) Cultures maraîchères: Les surfaces prévues par l'étude devraient atteindre 1100 ha de cultures maraîchères à la fin du huitième Plan conformément au Tableau n°7 ci-dessous:

Tableau N° 7: Prévisions des cultures maraichères

Années Secteurs	90	91	92	93	94
Sud-Ouest	190	203	210	217	225
Kasba	235	240	245	252	257
Ksar	190	208	220	238	252
Lala	95	120	138	145	159
El Guettar	89	95	102	113	120
TOTAL	799	866	915	965	1013

b) Cultures fourragères: A la fin du projet, les superficies fourragères passeront à 600 ha. Ces cultures se composent de la luzerne, de l'orge en vert, du maïs, du sorgho et du bersim. L'évolution de l'occupation du sol des cultures fourragères est décrite dans le Tableau n°8:

Tableau N° 8: Prévisions des cultures fourragères

Années Secteurs	90	91	92	93	94
Sud-Ouest	85	92	103	110	115
Kasba	130	138	142	146	150
Ksar	105	112	118	124	130
Lala	53	73	82	105	120
El Guettar	67	70	75	80	85
TOTAL	440	485	520	565	600

5.2 Evolution des réalisations: Les réalisations pendant les campagnes de 1992 et de 1993 pour l'intensification des cultures maraichères et fourragères, au niveau des oasis de Gafsa sont résumées dans le tableau n°9 suivant:

Tableau n°9: Réalisation des cultures fourragères et maraichères.

	S.T. (ha)	1992		1993		Ti %
		S.M. (ha)	S.F. (ha)	Maraïc. (ha)	Fourrag.	
Sud-Ouest	703	137	109	189,5	140	142
Kasba	698	202	140	249,5	160	152
Ksar	578	195	133	204,5	165	157
Lala	700	56,5	33	70	60	110
El Guettar	450	75	44	90	26	125
TOTAL	3129	665,5	459	803,5	551	138

avec S.T.: superficie totale de l'oasis, S.M.: superficie maraichère, S.F.: superficie fourragère et Ti: taux d'intensification.

Ce tableau montre, entre autres, que les objectifs pour l'intensification des cultures fourragères et maraichères sont presque atteints au niveau des trois oasis du Ksar, de Kasbah et du Sud-ouest. Un effort important reste cependant à faire au niveau des oasis de Lala et d'El Guettar.

V - DIFFICULTES ET RECOMMANDATIONS

1. Situation foncière des oasis:

Les oasis de Gafsa couvrent une superficie de 3129 ha. Les exploitations agricoles sont caractérisées par un morcellement prononcé. La propriété moyenne est de 0,55 ha, ce qui donne un nombre de 5750 parcelles (Tableau n°10). Le problème lié au morcellement des oasis concerne essentiellement l'accélération de l'abandon des parcelles qui deviennent trop petites pour créer des revenus attractifs pour les exploitants. Le morcellement le plus prononcé se situe au niveau de l'oasis d'El guettar qui compte 2540 parcelles (dont 2100 parcelles, représentant 40 % de la superficie de l'oasis, ont chacune une superficie inférieure à 0,25 ha). Les oasis de Lala et du Ksar sont aussi touchées par cette difficulté qui se complique encore avec le problème de copropriété. La meilleure structure foncière se trouve au niveau de l'oasis du Sud-ouest où 25 % des parcelles uniquement ont une superficie inférieure à 1 ha (la superficie moyenne des parcelles est de 4 ha). Pour freiner le morcellement des oasis, il est proposé l'établissement d'un fond d'aménagement foncier, soit pour l'achat, soit pour la location à long terme des parcelles abandonnées.

2. la rénovation des oasis:

Le programme consiste en l'arrachage de 80.000 oliviers, palmiers et autres espèces âgées et peu productives et la plantation de 300.000 arbres. L'arrachage serait sélectif et s'intéresserait prioritairement aux arbres improductifs et à l'éclaircissage des plantations denses. Par rapport aux prévisions, les réalisations du programme sont faibles: 2000 vieux oliviers et 500 palmiers. Malgré une rentabilité intéressante de la substitution des anciennes oliviers par des plantations intensives, leur réticence est importante pour les raisons suivantes :

- Pour les agriculteurs temporaires, les anciens arbres représentent une source de revenu secondaire, qui ne demande pas trop d'attention et de supervision et dans tous les cas très peu de dépenses,
- la majorité des agriculteurs cherchent leur profit immédiat en comptant sur les productions en cours,
- un attachement social est constaté, dont les racines sont à trouver dans les traditions et liens familiaux.

3. L'économie de l'eau:

Conscient de l'importance de cette action dans l'économie d'eau à l'aval de la borne d'irrigation, la construction des seguias bétonnées reste parmi les demandes incessantes et urgentes des agriculteurs. La sensibilisation à l'économie de l'eau au niveau de la parcelle et la vulgarisation des techniques de l'irrigation de surface devraient constituer les préoccupations prioritaires des années 1994 et 1995.

VI - CONCLUSIONS

Les trois dernières années (1991-1993) ont été marquées par l'effort de consolidation du fonctionnement des réseaux hydrauliques et par l'amélioration de l'exploitation des ressources en eau mobilisées par le projet. La dynamisation des AIC reste un objectif important pour le transfert progressif des responsabilités. La complexité du schéma technique du système hydraulique et les conflits existants, militent en faveur d'une approche progressive et prudente basée sur une analyse approfondie des fonctionnements actuels des AIC, des conditions les plus réalistes permettant de trouver des solutions pour la prise en charge de la gestion de l'eau par les AIC. L'objectif global de l'action de rénovation des oasis de Gafsa est l'intensification des cultures, exprimée par l'augmentation de la productivité à l'hectare à moyen et long terme. Cet objectif ne serait pas seulement réalisé par le comblement du déficit en eau et la consolidation des AIC. Le développement de la production agricole nécessite en parallèle l'évolution des connaissances des agriculteurs, l'adaptation du système de commercialisation et d'approvisionnement, la disponibilité des crédits pour surmonter les contraintes financières des exploitants et le développement d'autres mesures d'accompagnement.

Tableau N° 10 Situation foncière des oasis de Gafsa

Classe de Superficie	EL KASBA		EL KSAR		EL GUETTAR		LALLA		SUD-OUEST	
	Nb. de Parcelles	Superficie en ha	Nb. de Parcelles	Superficie en ha	Nb. de Parcelles	Superficie en ha	Nb. de Parcelles	Superficie en ha	Nb. de Parcelles	Superficie en ha
	Fréquence absolue		Fréquence absolue		Fréquence absolue		Fréquence absolue		Fréquence absolue	
< 0,25 ha	145	23,30	380	56,81	2099	175,92	690	82,26	-	-
>0,25 < 0,50 ha	223	82,00	256	92,49	284	96,79	244	85,90	-	-
>0,50 < 0,75 ha	156	95,90	123	74,19	61	40,26	102	62,32	-	-
>0,75 < 1,00 ha	105	90,82	56	47,87	32	29,61	54	46,72	-	-
>1,00 < 1,25 ha	55	61,68	29	33,12	16	17,99	42	47,50	-	-
>1,25 < 1,50 ha	34	46,40	22	30,18	20	27,36	24	32,68	-	-
>1,50 < 1,75 ha	26	42,39	18	28,88	12	20,47	27	43,19	-	-
>1,75 < 2,00 ha	23	43,13	08	14,61	04	07,45	12	23,31	-	-
>2,00 < 2,25 ha	12	25,51	10	21,23	04	08,25	12	25,57	-	-
>2,25 < 2,50 ha	10	23,92	09	21,21	00	N.D	03	07,05	-	-
>2,50 < 2,75 ha	07	18,43	08	20,68	00	N.D	12	31,81	-	-
>2,75 < 3,00 ha	06	17,12	05	14,52	04	11,18	00	N.D	-	-
>3,00 < 3,50 ha	06	19,11	02	06,58	00	N.D	09	29,52	-	-
>3,50 < 4,00 ha	07	26,36	03	11,15	00	N.D	03	10,60	-	-
>4,00 < 5,00 ha	07	29,81	06	26,17	00	N.D	09	38,76	-	-
>5,00 < 6,00 ha	02	11,54	02	10,87	00	N.D	09	47,23	-	-
>6,00 ha	03	26,53	02	14,47	00	N.D	03	75,00	-	-
< 1 ha	-	-	-	-	-	-	-	-	42	23,67
> 1 < 5 ha	-	-	-	-	-	-	-	-	79	213,82
> 5 < 10 ha	-	-	-	-	-	-	-	-	28	196,63
>10 < 15 ha	-	-	-	-	-	-	-	-	10	124,72
>15 < 20 ha	-	-	-	-	-	-	-	-	07	128,98
>20 ha	-	-	-	-	-	-	-	-	03	91,66
T O T A L	827	683,95	939	525,03	2540	435,29	1256	689,41	169	779,48

**HYDROMORPHIE
ET
SALINISATION**

ETUDE DES PRINCIPAUX FACTEURS REGISSANT LA QUALITE DES EAUX DE DRAINAGE. CAS DE L'OASIS SMIDA - KEBILI

KACEM Mansour (*)

(*): Arrondissement du Génie Rural - CRDA de Kébili.

Résumé: Ce travail consiste en partie en des suivis temporels et spatiales des principaux facteurs qui influencent la qualité des eaux de drainage et qui contribuent à la variation du bilan du sel. Ces facteurs sont: la qualité des eaux d'irrigation, les propriétés physico-chimiques du sol, les caractéristiques de la nappe phréatique. Le suivi qualitatif et quantitatif des eaux de drainage est assuré par la mesure des débits et l'analyse chimique complète des échantillons d'eau prélevés à l'aval du collecteur principal du périmètre, quasi-hebdomadairement durant une année.

Ce travail de suivi montre l'existence de deux régimes:

- Un régime d'hiver, caractérisé par une grande interdépendance entre les eaux de drainage et la nappe phréatique.
- Un régime d'été, caractérisé par une grande interdépendance entre les eaux de drainage et la solution du sol.

INTRODUCTION

Dans le sud tunisien, le déficit hydrique climatique est tel que le recours à l'irrigation est une nécessité vitale pour augmenter la production agricole même si l'eau est souvent chargée en sel. A Kébili, les ressources en eau sont presque totalement exploitées et on assiste actuellement à une surexploitation de la nappe du Complexe Terminal. Dans ce contexte caractérisé par la rareté des ressources hydriques, l'expansion démographique et la nécessité d'accroître et d'améliorer la production agricole, le problème de manque d'eau s'aggrave de plus en plus surtout si l'on sait que les ressources en eaux souterraines à Kébili sont en majorité non renouvelables. De ce fait, la réutilisation des eaux de drainage commence actuellement à susciter beaucoup d'intérêt dans le sud tunisien d'autant plus que, importantes sont leurs quantités et leurs conséquences nuisibles sur l'agriculture et l'aménagement rural en cas de non recyclage. En fait, la question de l'utilisation des eaux de drainage a été posée depuis 1968 par la C.R.E.U.S.I., mais, malheureusement aucune étude pratique n'a été consacrée à la caractérisation de ces eaux et aux facteurs régissant leur qualité en vue de leur réutilisation. Sachant que, l'irrigation avec les eaux de drainage est pratiquée actuellement par les agriculteurs de la Nefzaoua en période critique sans connaissance préalable de la composition et des effets de ces eaux sur le sol et la plante.

Ce travail se propose de faire dans le cas du périmètre de SMIDA, la caractérisation quantitative et qualitative des eaux de drainage et l'étude de facteurs qui les influencent.

Les principaux facteurs pris en considération sont:

- * La qualité et la quantité de l'eau d'irrigation.
- * Les propriétés physico-chimiques du sol.
- * La nappe phréatique (qualité des eaux et piézométrie).

I. METHODOLOGIE

I.1. CARACTERISATION PEDOLOGIQUE: Pour mettre en évidence l'impact des propriétés physico-chimiques du sol sur les eaux de drainage, on a estimé utile de caractériser l'espace pédologique du périmètre par l'établissement de 10 profils pédologiques couvrant la totalité de l'oasis; un échantillon de sol a été prélevé de chaque horizon pour analyse physico-chimique. Parallèlement, la perméabilité du sol a été mesurée par des essais Porchet sur 17 points répartis d'une façon homogène dans le périmètre.

I.2. SUIVI DE LA NAPPE PHREATIQUE: La nappe phréatique a un impact direct sur les caractéristiques des eaux de drainage à travers sa profondeur par rapport à la surface du

sol et la qualité de ces eaux. L'action de la nappe s'exerce également sur le sol via le processus de remontée capillaire. En tenant compte de ces considérations, un piézomètre a été installé au niveau de chaque profil pédologique ce qui fait un total de 10 piézomètres répartis à travers l'oasis. La caractérisation chimique de la nappe est faite par prélèvement des échantillons d'eau recueillis au niveau des piézomètres.

I.3. SUIVI DES EAUX DE DRAINAGE: La qualité des eaux de drainage a été suivie minutieusement par des analyses chimiques complètes hebdomadaires. Les échantillons d'eau ont été pris au niveau aval du collecteur principal. A ce même endroit, on a mesuré les débits des eaux de drainage à des espaces réguliers.

II. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

II.1. ETUDE DE L'EAU D'IRRIGATION.

II.1.1 Qualité de l'eau d'irrigation: Le périmètre de SMIDA est alimenté à partir d'un forage qui capte la nappe du Complexe Terminal. La composition chimique de l'eau d'irrigation pour le deux périodes hivernale et estivale est donnée dans le tableau suivant:

Tableau 1. Composition de l'eau d'irrigation (mg/l)

Période	Ca	Mg	SO ₄	Na	K	Cl	HCO ₃	R. SEC	C. E	pH
Hiver	92	66	306	179	12	319	114	1360	1.77	7.5
Eté	120	66	336	170	7	335	104	1180	1.86	8.2
Moyenne	106	66	326	174	9.5	327	109	1260	1.81	7.8

Ce tableau montre que :

- La salinité globale est très faible comparée à celle des eaux utilisées dans la région.
- Les ions chlorure et sodium sont présents en quantités excessives.
- Une légère variation de la composition chimique en passant de la période hivernale à la période estivale.

La composition anionique et cationique moyenne est telle que $\text{Cl}^- > \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$ et $\text{Na}^+ > \text{Mg}^{2+} > \text{Ca}^{2+}$.

C'est une eau chlorurée calcique et magnésienne. Les variations de la teneur des différentes ions sont trop faibles pour être significatives. Les valeurs de S.A.R. de l'eau d'irrigation sont les suivantes:

- Période hivernale.....3,41
- Période estivale.....3,08
- Moyenne.....3,27

Le report des résultats sur le diagramme U.S.S.L. montre que cette eau se classe en C3-S1. Compte tenu de la nature du sol de l'oasis SMIDA généralement gypseux et de texture grossière, du mode d'irrigation et de la tolérance aux sels des cultures pratiquées, l'usage de cette eau ne présente pas de risques même en se basant sur les normes américaines considérées comme étant trop strictes dans les conditions tunisiennes.

II.1.2 : Quantité d'eau d'irrigation: Les débits réellement délivrés par le forage SMIDA sont donnés par le tableau suivant, sachant que le forage de SMIDA alimente, en plus du périmètre, la station d'appui agricole couvrant une superficie de 10 ha. La variation du débit traduit bien les habitudes des irrigants qui ne s'occupent de leurs parcelles que durant la période estivale.

Tableau 2. Débit de l'eau

Mois	Dé.84	Jui.85	Dé.85	Jui.86	Dé.86	Jui.87	Dé.87	Jui.88
Q (l/s)	30	60	40	84	33	80	30	61

II.2: ETUDE DU SOL

II.2.1: Pédologie de l'oasis: Les coupes schématiques du sol (Fig.1) dressées à partir de profils pédologiques et de prospection à la tarière montrent que:

- La croûte gypseuse domine une partie importante du périmètre et elle est particulièrement affleurante dans le secteur I.

- Tout le périmètre est formé sur un fond sableux très fin d'origine éolienne, qui constitue la matrice de la nappe phréatique.

La position du périmètre (compris entre le chott et l'Erg) traduit sa pédogénèse ancienne et actuelle, en effet la texture sableuse et les fortes teneurs en gypses indiquent bien la superposition de la dynamique éolienne avec celle du gypse.

Actuellement et après l'installation de l'oasis, le pédogénèse du périmètre semble dominée par la dynamique du gypse, cette dernière est contrôlée par le facteur eau (irrigation, capillarité).

II.2.2 : Répartition du gypse: Le taux de gypse est élevé dans les horizons de surface avec un pourcentage compris entre 30 et 60% (Fig.2). En passant en profondeur dans les horizons de sable fin, la quantité de gypse diminue brusquement dans la majorité des profils pour atteindre des valeurs très faibles (2 à 4 %). Cette répartition montre que:

- La précipitation du gypse se produit essentiellement dans les horizons superficiels, ce qui s'explique par la concentration de la solution interstitielle par voie évaporative.

- Les horizons profonds, formant la matrice de la nappe phréatique sont généralement loin d'être riche en $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ malgré que les eaux de la nappe contiennent une quantité importante de sulfate et de calcium.

Le dépôt de gypse se fait dans ces horizons essentiellement par concentration des solutions au niveau de la frange capillaire de la nappe lorsque celle ci est élevée (Pouget 1968).

II.2.3 : Physico-chimie du sol:

Perméabilité: l'estimation de la perméabilité par la méthode Porchet donne des valeurs comprises entre 16 et 74 cm/h.

Ces valeurs montrent que le sol est perméable à très perméable.

Profils salins: Les profils salins sont matérialisés par la figure 3. On distingue :

- Les profils salins ascendant où $20 < \text{CEe} < 42$ mmhos/cm en surface et $4 < \text{CEe} < 8,5$ mmhos/cm en profondeur. Ces profils sont situés soit dans les zones basses soit dans des parcelles mal irriguées où se produit une concentration de la solution interstitielle par évaporation.

- Les profils salins descendants où $3 < \text{CEe} < 7$ mmhos/cm en surface et $14 < \text{CEe} < 20$ mmhos/cm en profondeur. Ces profils sont situés dans des parcelles bien irriguées et bien entretenues; sous l'effet de l'irrigation on assiste à un lessivage des sels vers les horizons profonds conjointement à une remontée capillaire.

II.2.4 : Géochimie des solutions interstitielles: Les solutions interstitielles du sol sont marquées par une grande variabilité du faciès géochimique d'un profil à l'autre et au sein d'un même profil. On distingue 4 types de faciès: Chloruré sodique, Sulfaté calcique, Sulfaté calcique et magnésique, Sulfaté sodique.

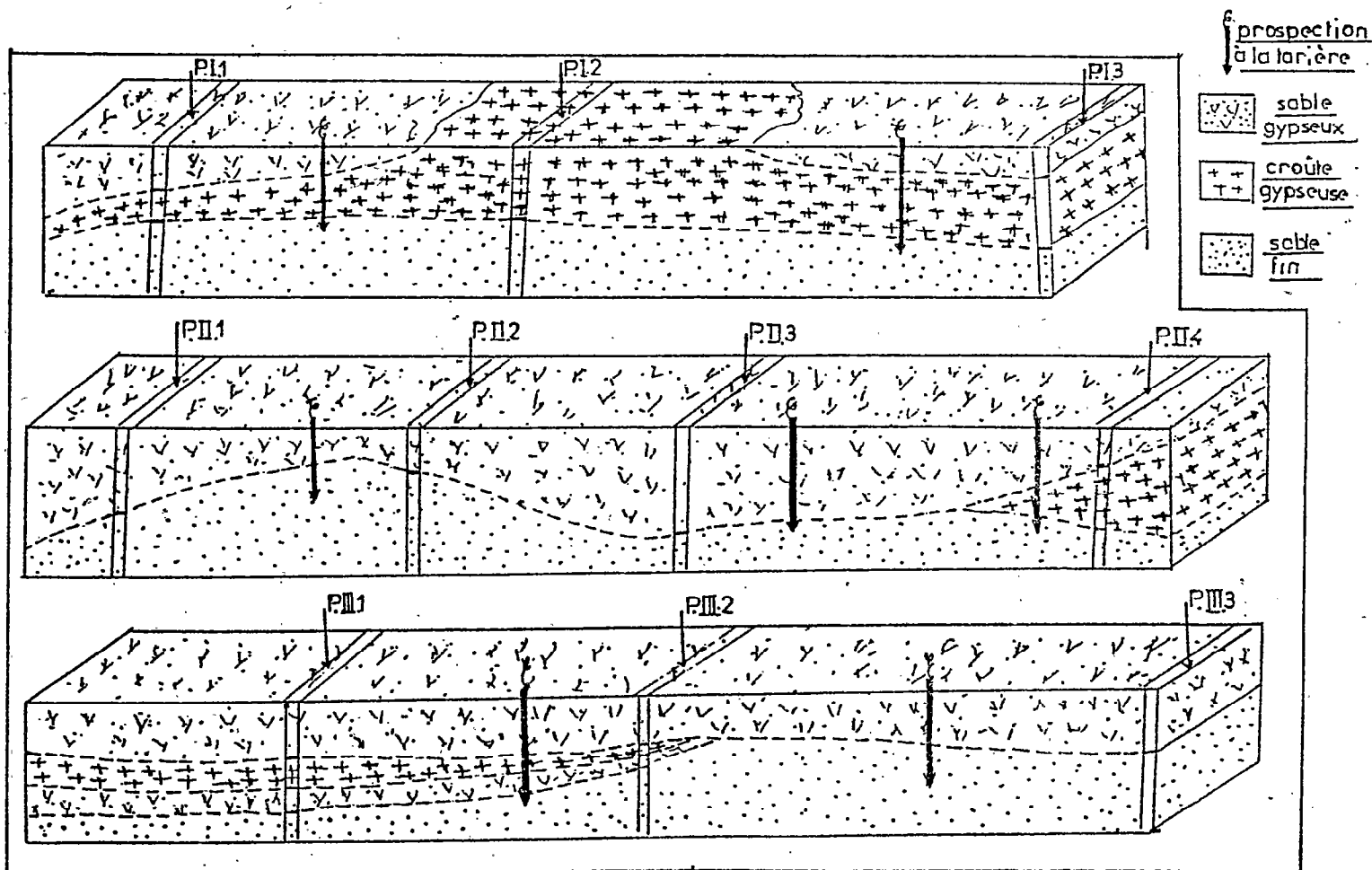


Figure 1. Coupes schématiques du sol dans le périmètre de SMIDA.

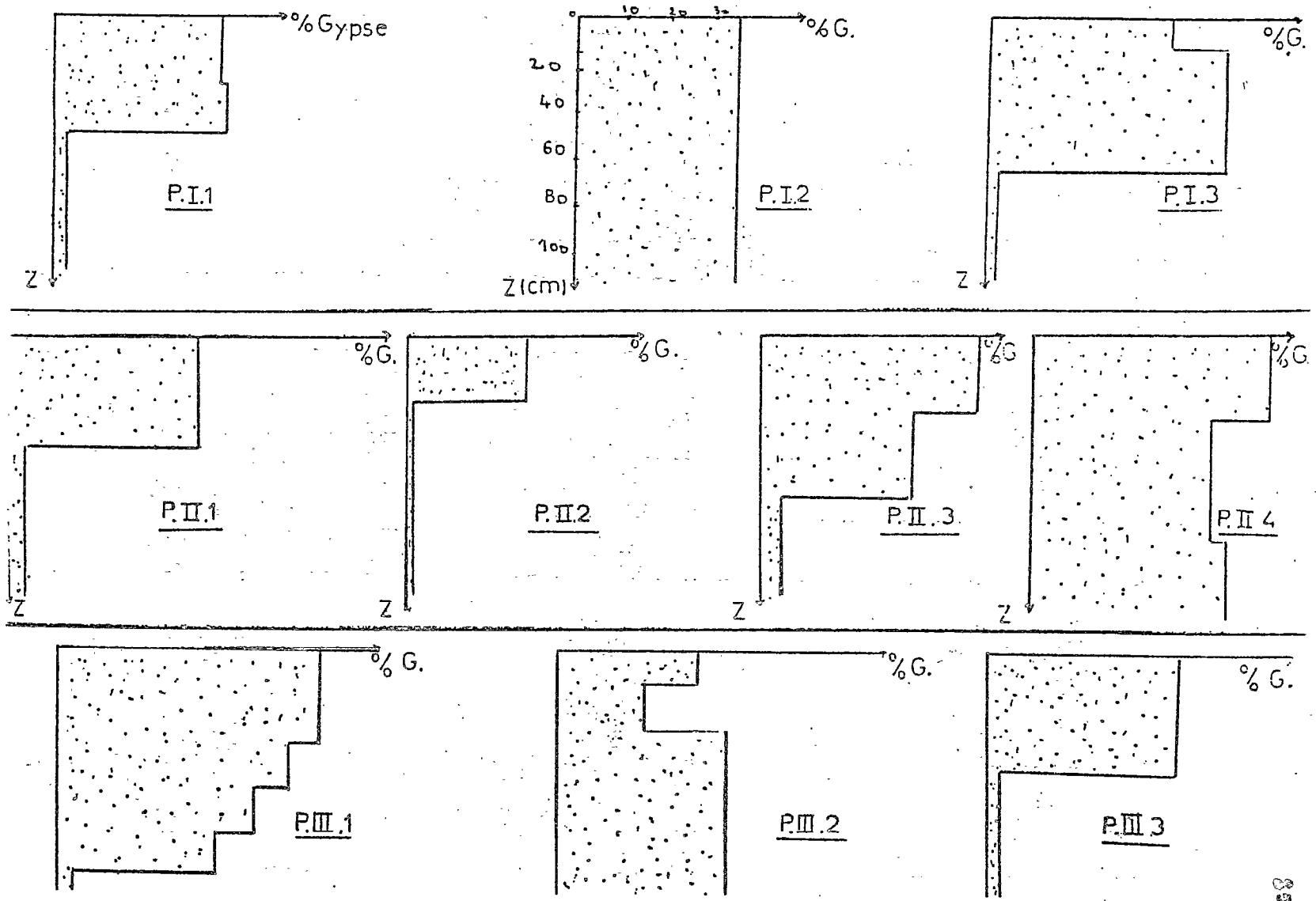


Figure 2. Répartition du gypse.

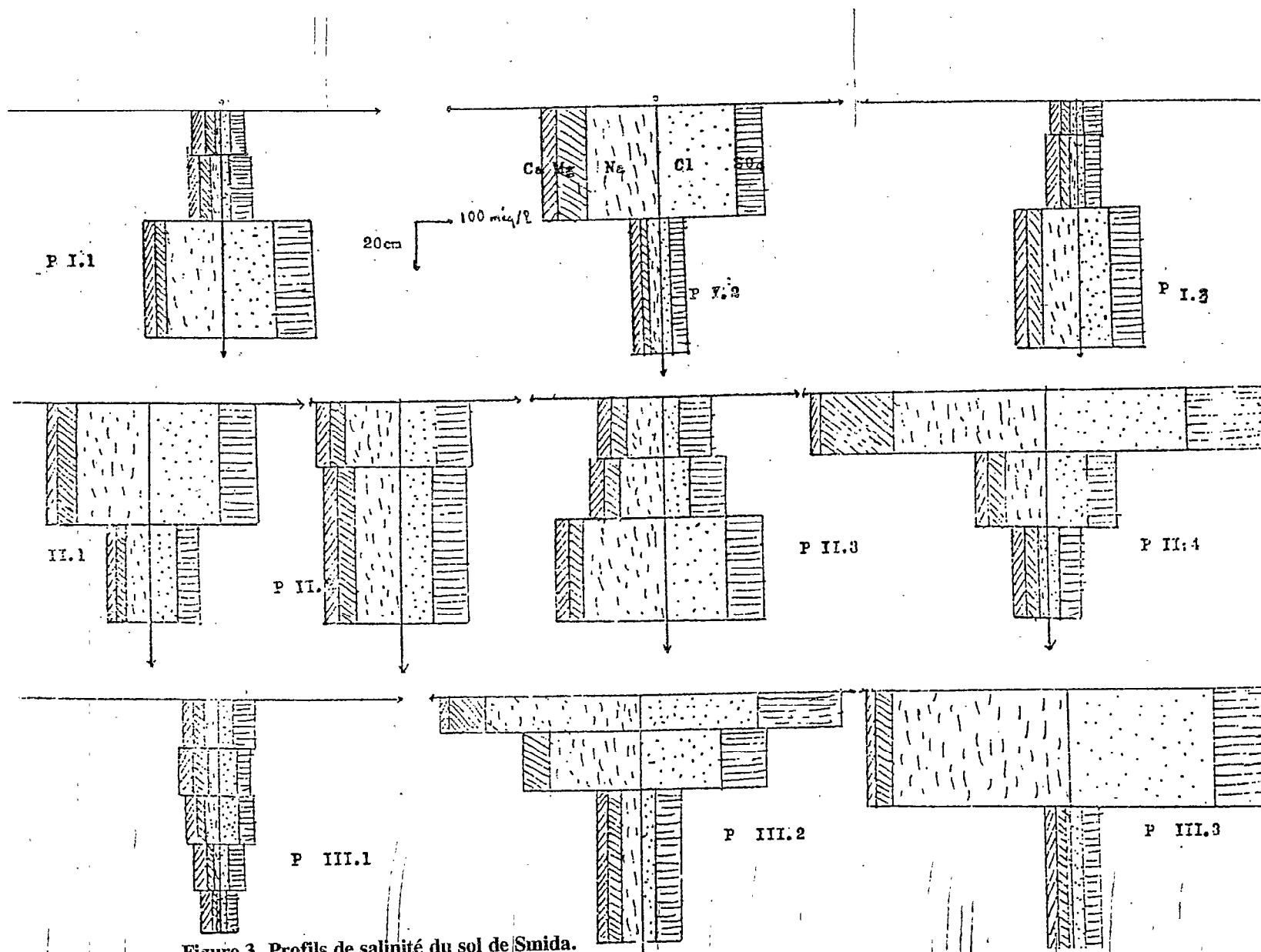


Figure 3. Profils de salinité du sol de Smida.

II.3. ETUDE DE LA NAPPE PHREATIQUE

II.3.1. Composition chimique des eaux:

Les analyses des eaux de la nappe au niveau de chaque piézomètre, aux dates suivantes 7/2, 9/3, 19/6 et le 7/9 montrent:

- Une salinité globale élevée, comprise entre 12 et 18 g/l.
- Une teneur variable en cations et anions d'un piézomètre à l'autre et d'une période à l'autre avec dominance des ions chlorures, sodium et sulfates.
- Les valeurs de pH sont comprises entre 7 et 8,5. Elles sont situées dans le même intervalle que celui de l'eau d'irrigation et des solutions interstitielles.
- Une élévation du taux de chlorures parallèlement à l'augmentation de la concentration, tandis que les taux de calcium et de bicarbonates sont pratiquement stables.

II.3.2. Variation temporelle et spatiale de la salinité:

La conductivité des eaux de la nappe varie d'un piézomètre à l'autre pour la même période. L'origine de cette variabilité peut s'expliquer par l'emplacement des piézomètres. En effet, on constate que:

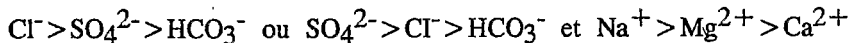
* Les points situés à l'intérieur du périmètre, dans des parcelles bien entretenues, ont une faible salinité, qui se traduit ainsi une dilution de la solution phréatique par les apports des eaux d'irrigation.

* Les points situés dans la partie sud du périmètre (zone basse) ou dans des parcelles mal entretenues sont généralement salés, ceci est dû, d'une part à un manque d'eau de lessivage pour diluer la nappe phréatique et d'autre part à l'effet de l'évaporation sur la nappe affleurante aux alentours du périmètre.

La conductivité des eaux phréatiques varie en fonction du temps. Globalement, elle est légèrement croissante jusqu'à fin mai et décroissante durant le printemps. Pendant l'été, l'augmentation de la salinité est remarquable au niveau de presque tous les piézomètres.

II.3.3 :Géochimie des eaux de la nappe phréatique:

Les eaux phréatiques sont essentiellement chloruré sodiques et en quelques points chlorurées-calciques et magnésiennes. Les compositions anionique et cationique sont telles que:



Le diagramme de Schoeller relatif à ces eaux montre une parenté géochimique des eaux phréatiques. La diminution de la conductivité électrique est accompagnée d'une augmentation du taux de sulfate par rapport à celui des chlorures: Lorsque la salinité est élevée, ces eaux sont chloruré sodiques et le rapport entre les divers ions suit le même ordre, la concentration de ces eaux se fait par évaporation.

II.3.4. Suivi du niveau piézométrique de la nappe:

Le suivi de la nappe phréatique durant la période d'expérimentation (tableau 3) montre que le niveau piézométrique est élevé durant la période hivernale.

En se rapprochant de l'été, le niveau de la nappe diminue pour atteindre des valeurs supérieurs à 1,50 m/TN.

Le niveau piézométrique durant l'été est très lié aux apports d'irrigation. En effet, lors des irrigations la nappe remonte et le niveau piézométrique de la parcelle en question se rapproche de la surface, ensuite il s'abaisse rapidement pour se retrouver à sa valeur initiale.

Tableau 3. Suivie piézométrique de la nappe phréatique.

Date	PI.1	PI.2	PI.3	PII.1	PII.2	PII.3	PII.4	PIII.1	PIII.2	PIII.3
07.02	<u>90</u>	100	90	<u>77</u>	113	105	115	114	130	<u>80</u>
09.03	20	130	88	95	130	135	<u>95</u>	107	130	130
25.04	100	127	105	97	135	130	102	114	100	102
12.05	100	132	118	105	138	125	115	105	105	125
20.05	112	133	115	118	140	130	95	125	120	125
02.06	130	148	125	118	150	130	100	148	125	135
19.06	125	150	120	105	156	130	108	135	130	135
03.07	130	<u>155</u>	125	122	145	148	120	135	140	120
18.07	120	<u>150</u>	135	120	142	140	118	120	145	125
01.08	117	140	130	125	135	132	125	110	138	125
25.08	—	145	132	130	—	118	123	75	130	120
07.09	—	148	120	130	—	125	108	100	100	115
21.09	—	140	110	143	—	120	97	85	110	60

II.4 : ETUDE DES EAUX DE DRAINAGE

II.4.1. Aperçu sur la composition des eaux de drainage:

Le résidu sec des eaux de drainage est compris entre 9 et 16 g/l, leur conductivité électrique est élevée, elle est toujours supérieure à 10 mmhos/cm et atteint un maximum de 19,35 mmhos/cm. Ces eaux sont généralement très riches en chlorures et en sodium (respectivement plus de 50 % des anions et plus de 50 % des cations).

Les sulfates sont présents en quantité excessive avec des valeurs comprises entre 3 et 6 g/l alors que les ions calcium et magnésium présentent des valeurs pratiquement stables, aux alentours de 400 mg/l.

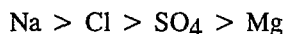
Les valeurs trop faibles en ions potassium et bicarbonates sont en concordance avec ceux de la nappe phréatique et des solutions interstitielles.

II.4.2. Variation temporelle des eaux de drainage:

Variation temporelle de la salinité: La variation de la conductivité électrique et du résidu sec des eaux de drainage pour une période de 207 jours allant du 24 Janvier au 11 Août permet de constater que la salinité est:

- * Croissante jusqu'au début février c.-à-d. durant l'automne période caractérisée par :
 - Un niveau élevé de la nappe phréatique
 - Une demande climatique relativement faible
 - Un manque d'irrigation
- * Décroissante quasi-linéairement durant Février, Mars et Avril c.-à-d. durant l'hiver, période caractérisée par :
 - Un niveau élevé de la nappe phréatique graduellement décroissant
 - Une demande climatique plus importante que dans la première période
 - Une irrigation plus abondante
- * Basse et fluctuante pendant Mai, Juin, Juillet, et Août c.-à-d. pendant le printemps et l'été, période caractérisée par:
 - Un niveau bas de la nappe phréatique
 - Une demande climatique très élevée
 - Une irrigation quasi-abondante

Variation temporelle de la composition chimique: L'évolution des différents ions en fonction du temps montre que les cations et les anions majeurs suivent la même allure que la salinité globale. Le rapport entre les différents ions est tel que:



Variation temporelle de la quantité des eaux de drainage: Le débit des eaux de drainage est variable: Il est maximum en hiver (13 l/s) et minimum en été (2 l/s); il n'y a aucune correspondance ni avec les quantités d'eau d'irrigation qui sont maximum en été, minimale en hiver, ni avec la salure des eaux de drainage, qui diminue en période estivale.

II.4.3. Discussion

Les eaux de drainage proviennent soit de la nappe phréatique, soit de l'eau de lessivage du sol. Deux cas peuvent se présenter:

- Le niveau de la nappe est au dessus du niveau des drains: les eaux de drainage proviennent de la nappe phréatique et de l'eau de lessivage du sol
- Le niveau de la nappe est au dessous de celui des drains: l'eau de drainage provient de l'eau de lessivage du sol.

Dans le périmètre de SMIDA, on assiste :

- En hiver à une élévation du niveau de la nappe parallèlement à un manque d'irrigation, ce qui implique une dominance des eaux phréatiques dans la composition des eaux de drainage. Or ces eaux sont excessivement salées et influencent le sol par voie capillaire d'où la concentration élevée des eaux de drainage pendant l'hiver.
- Au fur et à mesure que l'on s'approche de l'été, le niveau de la nappe diminue et l'irrigation devient plus abondante. Il se produit ainsi un lessivage progressif du sol et on assiste à une diminution progressive de la salinité des eaux de drainage pour passer en été à des valeurs qui oscillent autour de 12 mmhos/cm. Ceci traduit la variation quasi-stationnaire de la solution interstitielle soumise simultanément à une concentration par évapotranspiration et à une dilution par les apports d'irrigation.

Les résultats d'analyses des eaux de drainage montre qu'à partir d'avril, on assiste à une augmentation du pourcentage du calcium malgré une diminution de la conductivité électrique; l'enrichissement en ions calcium, avec une prédominance des sulfates dans la composition anionique, à partir du printemps, pourrait traduire un phénomène de

CONTRAINTES EDAPHIQUES ET UTILISATION DES EAUX SAUMATRES EN MILIEU OASIS

Amor M'TIMET (*) et Roger PONTANIER (**)

(*) : Direction des Sols.
(**): ORSTOM Tunisie.

Résumé: Si la salure des eaux et des sols dans le milieu oasien est le principal frein au développement des cultures et une des causes de l'abandon de ce système de culture, d'autres contraintes d'ordre édaphique peuvent accentuer ou diminuer les nuisances liées à l'halomorphie du milieu. Ainsi, une texture trop légère, qui est une forte contrainte dans le cas d'une irrigation à l'eau douce (gaspillage d'eau en raison d'une faible rétention), se révèle par contre un avantage en cas d'utilisation d'eau saumâtre (lessivage facile, faible alcalisation).

Au travers des nombreuses études réalisées en Tunisie, nous avons essayé, par grands types de milieu édaphique et d'activité oasiennes (phoeniculture, cultures pérennes, annuelles, fourragères etc...), de dégager quelques recommandations et surtout méthodes d'évaluation des risques encourus par les sols et les végétaux, lors de l'utilisation des eaux saumâtres.

Il est souligné que le pédologue, l'agronome, ou l'irrigant doivent adopter une approche intégrée face aux problèmes liés à la salure. En effet, suivant le type de culture, la qualité de l'eau, les pratiques et le savoir-faire paysannal, les caractéristiques édaphiques peuvent se révéler contraintes dans un cas, atout dans l'autre.

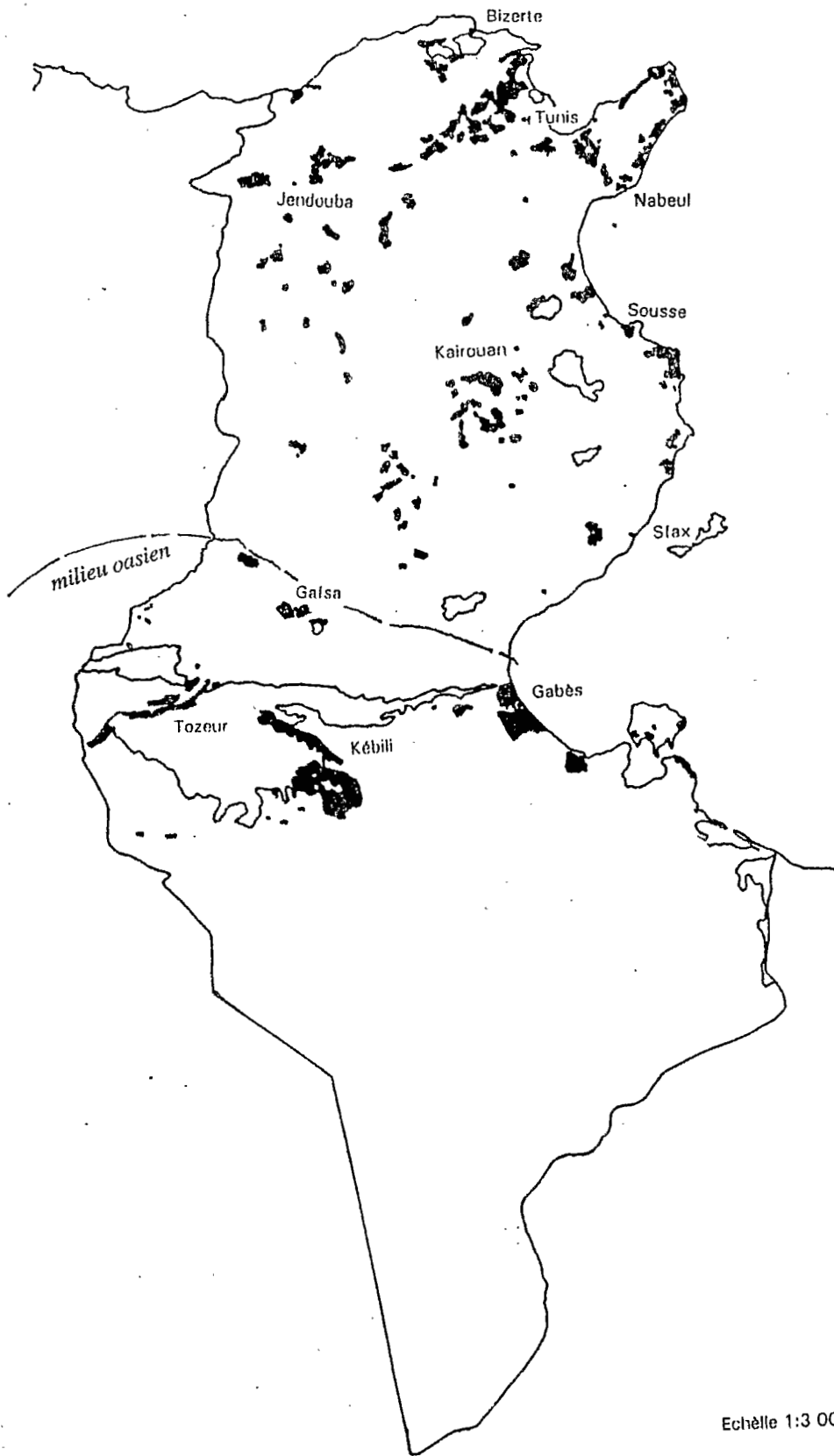
INTRODUCTION

L'objectif de cette présentation est une tentative de réponse à des questions comme:

- 1- Quelles sont les caractéristiques pédologiques essentielles du milieu oasien tunisien?
- 2- Comment les inter-relations des différents aspects physiques s'interfèrent dans un milieu multi-dimensionnel?
 - bassin versant
 - unité morphopédologique
 - parcelle et exploitation
- 3- Comment les contraintes Eau-Sol se posent-elles? et vis à vis d'une eau chargée?

Les régions arides et présahariennes tunisiennes sont caractérisées par une couverture pédologique où les sols à contraintes marqués par les accumulations de sels (chlorurés, sulfatés et carbonatés) restent difficilement cultivables.

- Contraintes dues aux propriétés physiques (compaction) et faible épaisseur
- Contraintes par leur chimisme particulier (grande concentration de sels solubles et de pH élevé).



Echelle 1:3 000 000

Fig 1 LES PERIMETRES IRRIGUES DE TUNISIE

Fig2 Le nouveau périmètre de Régim Maâtoug (image SPOT)

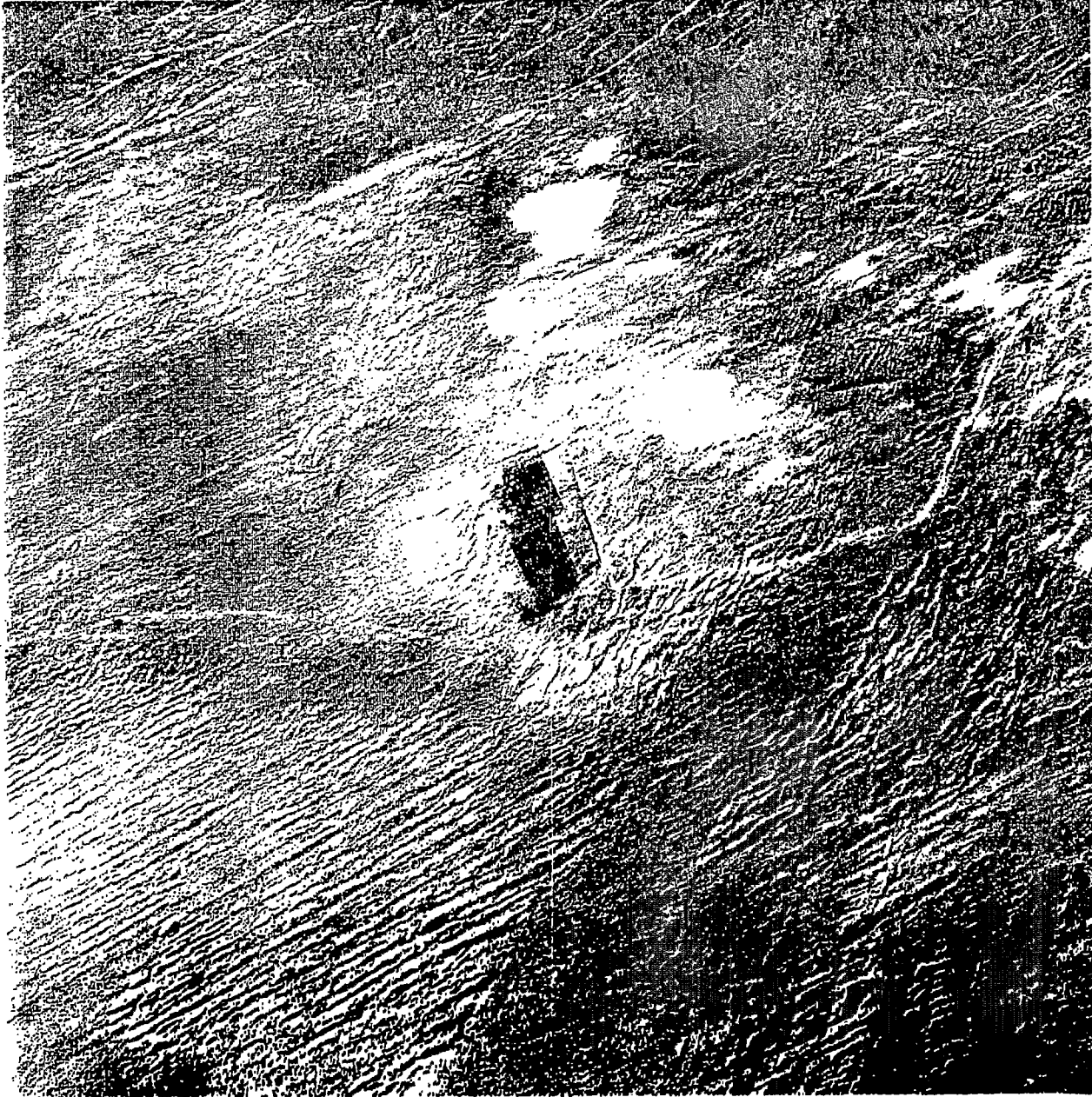
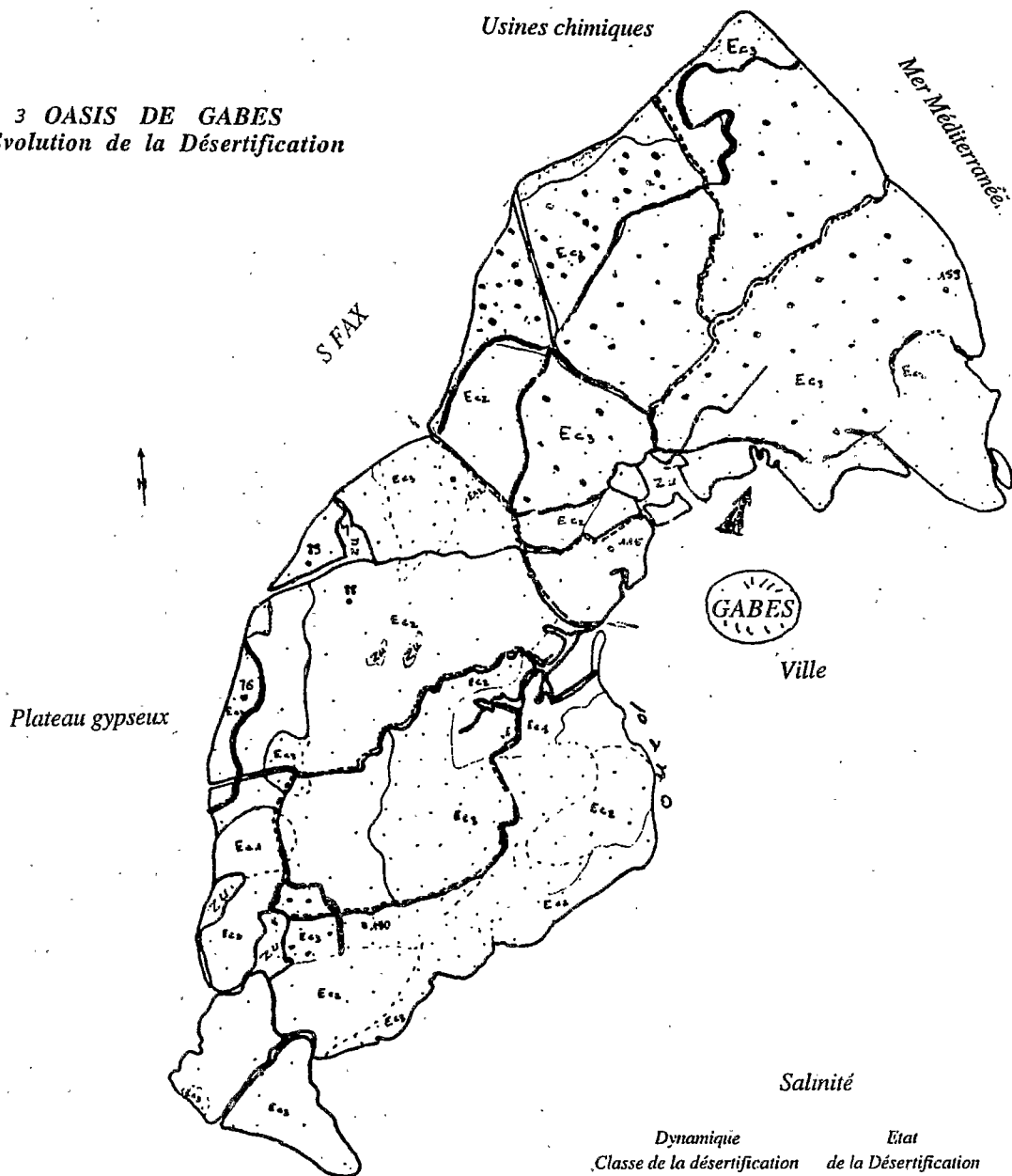


Fig 3 OASIS DE GABES
Evolution de la Désertification



échelle 1/15.000

Dynamique	Etat
Classe de la désertification	de la Désertification
Faible	Ec1
Moderé	Ec2
Sévère	Ec3
Très sévère	

Superficie cultivée
865 ha _____ 1964

Les sols des oasis tunisiennes hérités d'un système de production ancestral se montrent liés à une physiographie particulière qui est le système de bassin versant. Ils se développent sur des terrasses où les processus d'alluvionnement et d'apport permettent une couverture apte à des cultures irriguées.

Compte tenu de leur ancienneté et d'une pratique culturale très ancienne en relation directe avec l'eau d'irrigation, un sol d'oasis actuel est caractérisé par:

- une bonne épaisseur
- une texture équilibrée à sableuse
- une accumulation de sels le long du profil à! à certains niveaux
 - des sels solubles
 - de sulfates sous forme de concentrations bien visibles (encroûtement gypseux)
- une nappe à profondeur variable

D'après les nombreux travaux des pédologues qui se sont intéressés à ces sols:

Les sols ont été classés comme :

- 1) sols halomorphes
- 2) sols peu évolués d'apport
 - sains gypseux
 - hydro à taches à accumulations gypseuses
 - avec des caractères de salinité
 - anthropique (M.O.)

3) Sols hydromorphes

Partant de toutes ces caractéristiques pour la mise en valeur et la correction des sols, il a fallu adopter une approche ou méthodologie qui tient compte des contraintes, leur hiérarchisation et les exigences des cultures par rapport une eau disponible toujours assez chargée en sels

Les cultures pratiquées sont :

- cultures maraichères et fourragères
- palmier dattier (deglet) ou fruitière en intercalaire (grenadier, vigne, pommier, abricotier, pêcher)

Si nous nous placerons dans la situation de l'Agronome, voir même celle du praticien éclairé qui constate que ses productions en cultures irriguées sont occasionnellement, voir durablement affectées par l'utilisation des sols salés et d'eaux chargées, la tolérance des cultures à la salure du sol par différents types de cultures en zone aride a été étudiée par nombreux auteurs et ont cherché à voir des relations.

D'autres ont cherchés à classer les problèmes liés à l'irrigation du sol par ces eaux chargées et le fonctionnement hydrique des sols, et par ce fait la salure du sol et des solutions accentue le stress hydrique pour le végétal cultivé

1- LE SOL

caractéristiques

	<u>Contraintes principales</u>	<u>Cultures</u>
Oasis Contininentales	<ul style="list-style-type: none"> - profondeur - existence de nappe - taux de sels soluble et gypse 	<ul style="list-style-type: none"> - palmier dattier (deglet) - " Alig - arboriculture fruitière
Oasis Maritimes	<p><u>Contraintes secondaire</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - eau d'irrigation - richesse en M.O. - richesse en minéraux fertilisants 	<ul style="list-style-type: none"> - cultures maraichères - cultures fourragères

2)- SENSIBILITE DES VEGETAUX A LA SALURE DES SOLS (les effets des toxicité)

Nombreux travaux et écrits sur la tolérance des sols, des tables et des graphiques de synthèse (F.A.O.) ont été toujours établis généralement pour des pays tropicaux africains ou américains (Californie, Arizona)

Elles sont indicatrices de valeurs globales mais par forcement pour le cas de la Tunisie (cultures et rendements)

- conductivité électrique de l'extrait de saturation (CE) et celle de l'eau d'irrigation (CW).

Nous constatons que jamais l'augmentation même faible de la salure est un avantage pour les rendements.

3)- LES INTER-RELATIONS - EAU D'IRRIGATION ET TEXTURE DU SOL

La même eau ne réagit pas de la même façon en fonction de sols. Il ne s'agit surtout de la texture qui limite les nuisances liées à la salure.

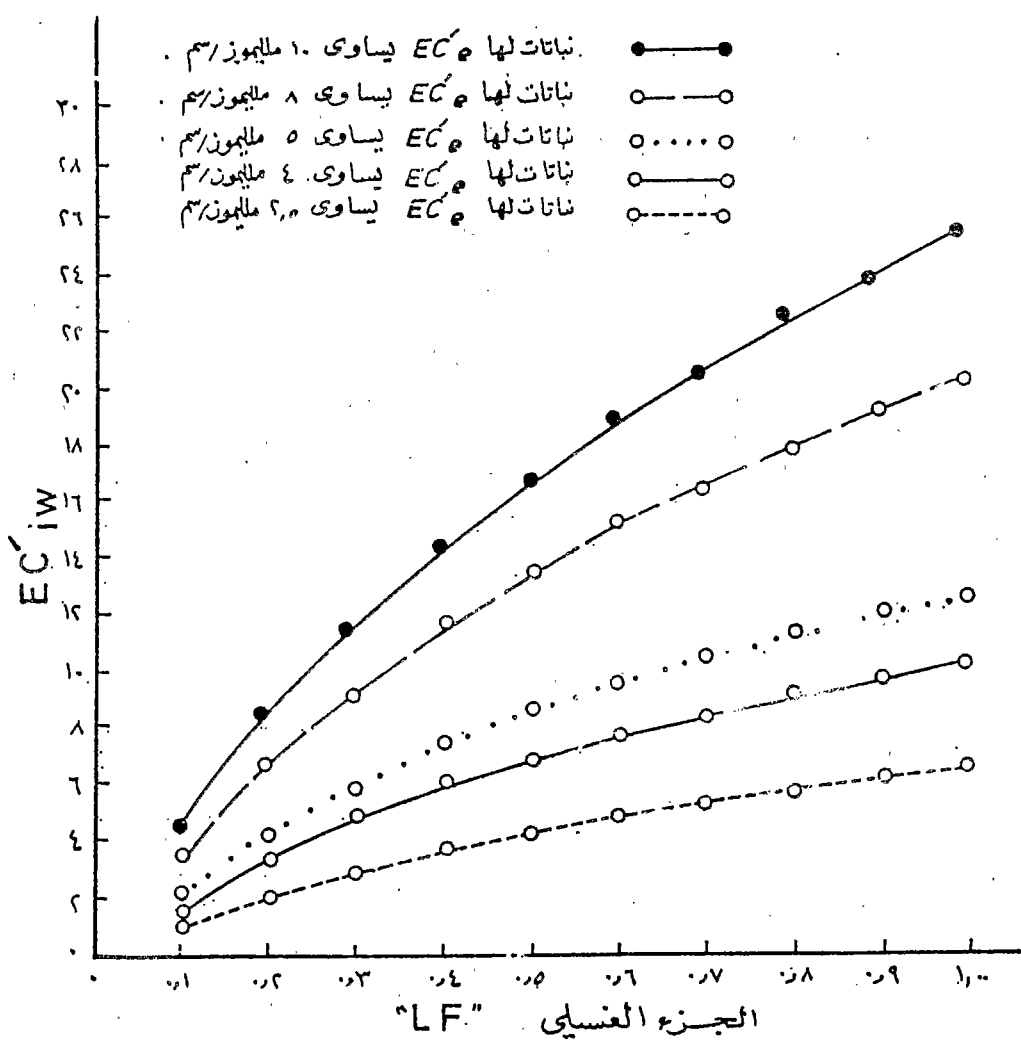
Ainsi Durand 1983, catalogant les sols en 5 grandes classes de texture S, LS, L, LA, et A et en regroupant les cultures tolérantes par grands types fourni (voir tableau 3).

Nous constatons une forte augmentation de l'intolérance avec l'augmentation des fractions fines dans les sols. En effet les sels sont retenus par une granulométrie fine type limon ou argile.

Indirectement cette texture s'associe à d'autres facteurs tels que la

- compaction au niveau des horizons
- ou l'existence de nappe pour influencer le coefficient d'infiltration ou la perméabilité des sols.

Fig 4 . Tolérance des plantes aux sels (ACSAD)
(salinité de l'eau et fraction lessivage)



العلاقة بين "LF" و " EC_{iw} " في حالة
نباتات تتحمل درجات ملحية مختلفة مختلفة

Ces caractéristiques influencent comme on le sait les doses d'irrigation, leurs modes et le fonctionnement du réseau de drainage.

De même la question de perméabilité et de vitesse d'infiltration est posée dans ce contexte. En effet ces aspects sont très importants car ils conditionnent les temps (durée) et les facteurs de drainage. La dispersion des argiles du complexe sous l'effet des ions monovalents conduit à une dégradation de la structure du sol (compactage de surface ou en profondeur) et contraint la percolation verticale de l'eau.

CONCLUSION

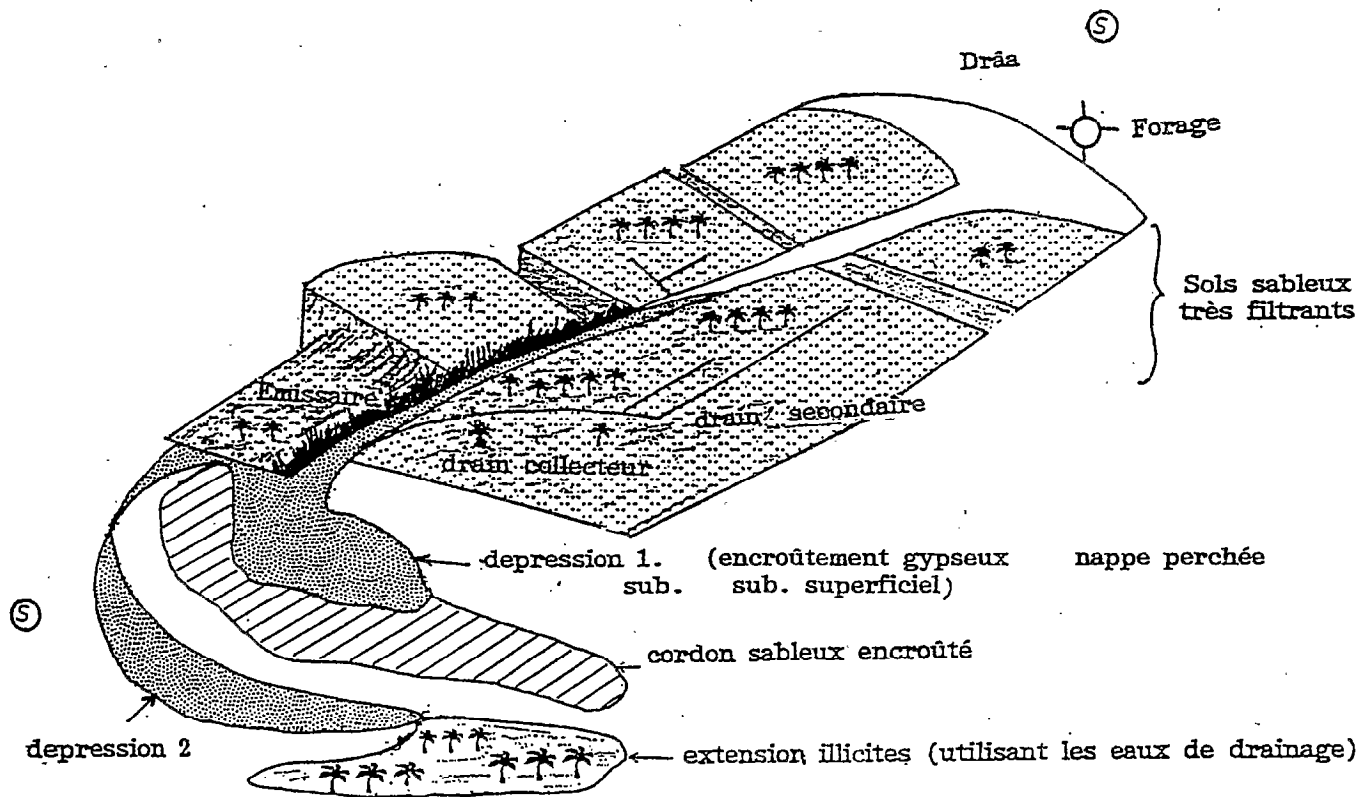
Si les évolutions récentes et les mutations en cours dans les systèmes de production oasien du Sud Tunisien montrent l'importance de la composante socio-économique et les stratégies tracées pour mettre en oeuvre la question - mise en valeur des zones présaharienne, il n'en reste pas moins que la réalisation avec les facteurs physiques du milieu - eau et sols prédominant dans l'aspect utilisation et gestion des composantes de la production agricole oasienne.

Pour quand la modélisation de la croissance des plantes et particulièrement le palmier dattier? et en fonction de l'utilité des eaux chargées

Partant de l'approche multi disciplinaire et conformément à une situation particulière du Sud Tunisien, la simulation numérique et les modèles informatiques pourraient contribuer à mieux élucider certains problèmes qui restent complexes à résoudre, tout simplement par l'effet de l'interférence des paramètres des Sciences de la Vie et l'utilisation de l'Homme.

Fig. 5 Physiographie Générale

(Oasis Jérid)



⑤

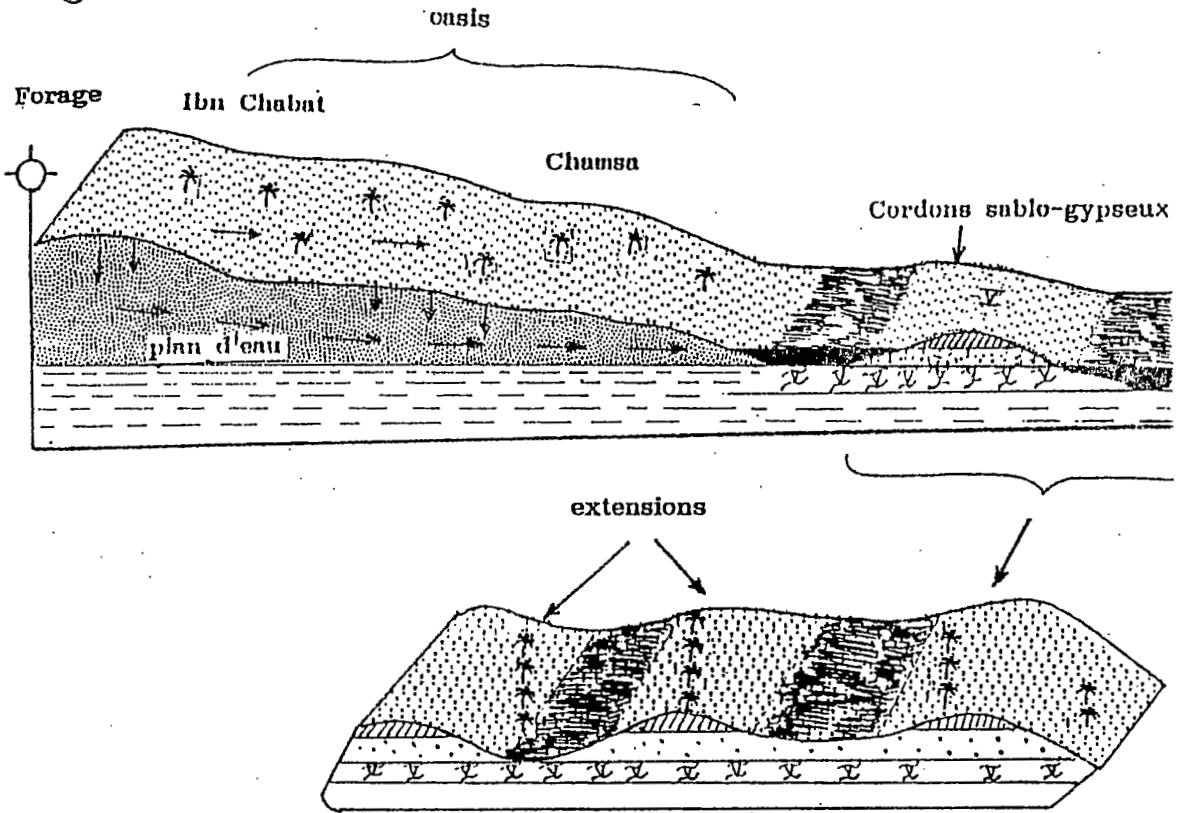


Fig. 6

Topographie ondulée (de Shan) qui handicape un écoulement longitudinal vers l'exutoire naturel

Fig. 7

Mouvement de l'eau

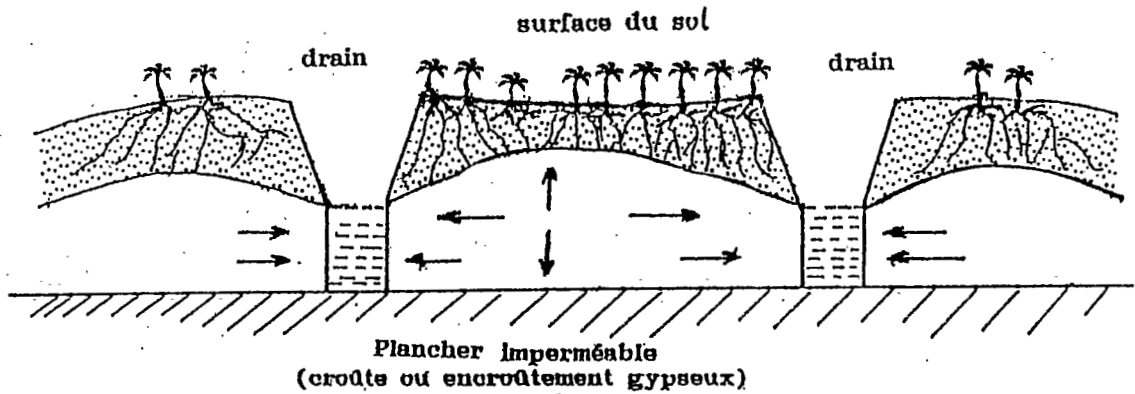


Tableau 1 - DIMINUTION DES RENDEMENTS EN
FONCTION DE LA SALURE (Mass Hoffman 1976)

	DIMINUTION DU RENDEMENT				MAXIMUM DE TOLERANCE
	0%	10%	25%	50%	
Conductivité électrique mmS cm ⁻¹	Ce Cw	Ce Cw	Ce Cw	Ce Cw	Ce
ORGE	8,0 5,3	10 6,7	13 8,7	18 12	28
BLE	6,4 4,0	7,4 4,9	9,5 6,4	13 8,7	20
COTON	7,7 5,1	9,6 6,4	13 8,4	17 12	27
SORGHO	4,0 2,7	5,1 3,4	7,2 4,8	11 7,2	18
SOJA	5,0 3,3	5,5 3,7	6,2 4,2	7,5 5,0	10
BLÉTE	4,0 2,7	5,1 3,4	6,8 4,5	9,6 6,4	15
TOMATE	2,5 1,7	3,5 2,3	5,0 3,4	7,6 5,0	12,5
CONCOMBRE	2,5 1,7	3,3 2,2	4,4 2,9	6,3 4,2	10
OIGNON	1,2 0,8	1,8 1,2	2,8 1,8	4,3 2,9	7,5
CAROTTE	1,0 0,7	1,7 1,1	2,8 1,9	4,6 3,1	8,0
CHOUX	1,8 1,2	2,8 1,9	4,4 2,9	7,0 4,6	12,0
FRAISE	1,0 0,7	1,3 0,9	1,8 1,2	2,5 1,7	4,0
C.DACTYLON	6,9 4,6	8,5 5,7	10,8 7,2	14,7 9,8	22,5
BERSEEM	1,5 1,0	3,2 2,1	5,9 3,9	1,03 6,8	19,0
LUZERNE	2,0 1,3	3,4 2,2	5,4 3,6	8,8 5,9	15,5

Ce : conductivité de l'extrait de saturation

Cw: Conductivité de l'eau d'irrigation

Tableau 2 - DIMINUTION DES RENDEMENTS EN
FONCTION DE LA SALURE

	DIMINUTION DU RENDEMENT				MAXIMUM DE TOLERANCE
	0%	10%	25%	50%	
conductivité électrique mmS cm ⁻¹	Ce Cw	Ce Cw	Ce Cw	Ce Cw	Ce
Palmier	4,0 2,7	6,8 4,5	10,9 7,3	17,9 12	32
Figuier, Olivier, grenadier	2,7 1,8	3,8 4,5	5,5 3,7	8,4 5,6	14
Oranger	1,7 1,1	2,3 1,6	3,2 2,2	4,8 3,2	8,0
Pommier	1,7 1,0	2,3 1,6	3,3 2,2	4,8 3,2	8,0
Pêcher	1,7 1,1	2,2 1,4	2,9 1,9	4,1 2,7	6,5
Abricotier	1,6 1,1	2,0 1,3	2,6 1,8	3,7 2,5	6,0
Amandier	1,5 1,0	2,0 1,3	2,8 1,9	4,1 2,7	7,0

Tableau 3 - TOLERANCE DE QUELQUES CULTURE
A LA SALURE DE L'EAU IRRIGATION EN FONCTION
DE LA TEXTURE DES SOLS (Durand 1983)

T E X T U R E	CULTURES TOLERENTES A LA SALURE	LIMITE SUPER DE TOLERANCE mmScm-1
S A B L E	PALMIER CULTURE MARAICHERE FOURRAGE GRANDE CULTURE	20 (15,5 exp) 12 10
S L	PALMIER CULTURE MARAICHERE FOURRAGE GRANDE CULTURE	6 à 10 4,5 7 6
L I M O N	PALMIER CULTURE MARAICHERE FOURRAGE GRANDE CULTURE	8,0 3,5 5,0 4,5
L A	PALMIER CULTURE MARAICHERE FOURRAGE GRANDE CULTURE	6,0 2,4 3,5 3,0
A R G I L E	PALMIER CULTURE MARAICHERE FOURRAGE GRANDE CULTURE	3,0 1,2 1,8 1,6

Tableau 4 : Composition chimique des eaux d'irrigation de quelque forages - 1986
(Les Oases de Gabès)

Oasis	Forage	Date de prélèvement	MILLIEQUIVALENT PAR LITRE							C.E. mmhos/cm	pH	R.S. (mg/l)
			Ca	Mg	Na	K	SO4	Cl	CO3H			
EL Hamma	El Hamma 2 El Hamma Ksar	23-07-86	20,3	10,9	23,2	1,18	26,0	30,0	1,92	4,9	-	3740
		23-07-86	20,4	9,84	22,6	1,09	24,8	31,0	2,11	5,09	-	3800
OUEDREF	Ouedref 19 El Gedfa 2	17-07-86	17,6	10,24	20,05	0,82	23,2	24,0	1,77	4,34	7,6	3300
		16-07-86	17,8	9,56	20,0	0,79	25,4	22,0	1,92	4,25	7,6	3420
METHOUIA	Méthouia 5 bis Méthouia 8 bis	17-07-86	18,2	10,12	20,8	0,70	26,4	23,0	1,82	4,44	7,55	3440
		17-07-86	14,4	11,8	23,7	0,74	27,4	28,0	1,82	4,99	7,6	3800
BOUCHEMMA	Bouchemma 3 Bouchemma2947b	16-07-86	17,0	11,8	16,8	0,5	26,4	19,0	1,72	3,97	7,5	3180
		03-01-86	17,6	12,16	17,5	0,49	28,2	18,0	2,16	4,26	7,4	3100
MARETH	Mareth 2 Mareth bis	01-07-86	13,2	9,84	14,8	0,28	22,0	15,0	1,92	3,39	7,5	2760
		01-07-86	13,4	10,6	14,2	0,28	22,6	14,0	1,96	3,39	7,4	2780
KETTANA	Kettana 3 Kettana 4	07-07-86	13,6	10,88	14,5	0,28	23,2	14,0	1,87	3,4	7,7	2620
		07-07-86	13,6	10,88	14,6	0,27	20,0	15,0	2,06	3,39	7,6	2680
ZERKINE	Zerkine II Zerkine trielet	04-07-86	13,6	10,88	14,5	0,28	24,0	14,0	3,16	3,37	7,7	2600
		04-07-86	13,4	10,6	14,5	0,28	24,0	13,0	3,12	3,38	7,7	2620

Références bibliographiques

- AUBERTG. 1977. *cours utilisation des eaux salées et les exigences édaphiques des cultures DEA, ORSTOM, 22 p.*
- BEN SALAH A., REZGUI M. H., 1974 *étude pédologique de la région de Nefsa-Hazoua, Tunis, Div., des Sols.*
- BOUZAIDI A. 1982 - *bESOIN EN EAU DES PALMIERS. Cession de formation de Sidi Thabet, 19 Avril - 4 Mai, 82, 8p. (CRGR / 82 291)*
- CHAROY J., TORRENT H., 1990 - *Origine, gestion de l'eau, évaluation des aquifères dans les oasis. in: Les systèmes agricoles oasiens (Dolle .; Toutain G.), actes de colloque de Tozeur. 12 - 21 Novembre 1988. p: 229 - 235.*
- CNEA, 1976 - *Etude de création d'oasis nouvelles. Min., Agrico., Tunis, 69 p.*
- DESSUS P., 1950 - *Note concernant les périmètres de Zarzis et l'utilisation des eaux des puits artésiens de Zaouia IV de Zarzis. (ORSTOM).*
- DGR, 1986 - *Plan directeur des eaux du sud. 2ème tranche. Sauvegarde des oasis du gouvernorat de Gabès : Lot 1 phase 3 : projet d'exécution, 94 + 128 + 195p (6262).*
- DGPDA, 1991 - *Enquête sur les oasis, campagne 1989 - 1990, 7p. (7419).*
- EL AMAMI S., LABERCHE J.C., 1973 - *Climats et micro-climats des oasis de Gabès comparés à l'environnement désertique. Annales de l'INRAT, vol.46, n°3, p:1-2.*
- JOB J.O., MARAI., 1990 - *Etude de la salinité de l'oasis d'El Guettar, Direction des Sols, E-S 258. (379/ORSTOM).*
- JOB J.O., 1992 - *Les sols salés de l'oasis d'EL guettar. Thèse Doc., Univ., Montpellier II, 150 p (ORSTOM)*
- LASRAM., 1990 - *Les systèmes agricoles oasiens dans le sud de la Tunisie, in : Les systèmes agricoles oasiens (Dolle V.; Toutain G.) actes de colloques de Tozeur 12 - 21 Novembre. 1988, p: 21 - 27.*
- MAMOU A., 1978 - *Le tarissement des sources artésiennes dans le Sud Tunisien et son effet sur l'augmentation de la salinité de l'eau. DRE, Gabès. 22 p (DRE).*
- MTIMET A., 1980 - *Note préliminaire concernant la région d'Oued El Melah Arrond, des sols., de Gabès ES-70, 4pp. 2 cartes. (2081/DS).*
- MTIMET A., 1991 - *Sauvegarde des oasis du gouvernorat de Gabès. Dir., des Sols, ES 259.*

- MTIMET A., BESBES M., BEN AMMAR M., BEL HADJ BELGACEM M. 1987 -
- Sauvegarde des oasis du gouvernorat de Gahès : état de salure des sols
et comportement hydrique. *ES 241. Dir. des Sols, 57 p.*
- MTIMET A., HACHICHA M., 1993. *Les problèmes de drainage dans les oasis de Kébili
et Tozeur. Direction des Sols, 7 p.*
- PAV, 1968 - *Reconversion des oasis de Nefzaoua, 134 p. (30187).*
- PONTANIER R., 1967 - *Etude pédologique des oasis de la zone Mareth-Zarat. DRES,
Div., Sols, n° ES - 357, 80 p.*
- POUGET M. 1965 - *Etude pédologique des oasis de la presque île de Kébili et du groupe
Mansoura. Tuni. Etudes Pédologiques. Section de Pédologie. S/Secrét. d'Etat à
l'Agriculture, 2 Vol. (ORSTOM - TU2501).*
- POUGET M., 1966 - *Utilisation des eaux de la nappe du continental intercalaire région
d'El Hamma. H.E.R., Subd., d'Etudes Pédologiques n° 307, 2p (2084/DS).*
- SAADI M., DUCHAUVELLE G., TOUTAIN G. 1979 - *Multiplication d'un palmier dattier
Etude de quelques facteurs conditionnant la reprise végétative des rejets du
palmier dattier. Fruits, vol 34, n° 9, p: 555. (INRAT).*

SURVEILLANCE DE LA SALURE DANS LES OASIS DE GAFSA

BEN MARAI Mohamed (*)

(*): Arrondissement des Sols - CRDA Gafsa.

Résumé: La communication porte sur deux exemples de suivi de la salure des sols: au niveau d'une parcelle, dans l'Oasis de Lala, par méthode électromagnétique; et au niveau du périmètre entier par méthode conventionnelle, dans les oasis d'El Guettar, Lala et Gafsa Sud-Ouest.

INTRODUCTION

Les ressources en sol constituent l'une des principales ressources sur lesquelles repose toute politique de développement agricole et tout programme de protection de l'environnement. Pour réconcilier l'accroissement démographique, de plus en plus important, avec la production agricole, il est indispensable de bien gérer nos sols et de les protéger contre tout facteur de dégradation aboutissant à une baisse de leur niveau de productivité. Parmi les facteurs de dégradation il y a lieu de citer la salinisation des terres irriguées. Consciente des effets d'une salinité excessive des terres irriguées sur la baisse de leur productivité et sur la dégradation de leurs caractéristiques physico-chimiques, la Direction des Sols par l'intermédiaire de ses services régionaux, a entamé l'exécution d'un programme national de suivi de l'évolution des sols sous irrigation, qui se propose comme un système avertisseur des cas de salinisation excessive dans les périmètres sensibles.

1) - Présentation des oasis touchées par le suivi de salinité

Nous avons donné la priorité dans ce suivi aux périmètres initialement salés à savoir les périmètres de Gafsa Sud ouest, Lalla et El Guettar, qui sont cultivés depuis l'époque romaine et souffraient d'un déficit hydrique marqué jusqu'à Mars 1991, date à laquelle ils ont commencé à bénéficier d'un supplément d'eau après l'achèvement des travaux du projet de rénovation des oasis de Gafsa. Le débit fictif continu est passé de 0,16 l/s/ha à 0,35 l/s/ha pour les oasis de Gafsa-Sud ouest et Lalla et à 0,24 l/s/ha pour l'oasis d'El Guettar.

a) - Oasis de Gafsa Sud-ouest: Superficie 700 ha; Pluviométrie annuelle 160 mm; ETP annuelle 1400 mm; Salinité de l'eau d'irrigation 2 à 3,2 mmhos/cm; Principales spéculations: oliviers, fourrages et maraîchages

Les principaux types de sol:

- Sols peu évolués d'apport alluvial sains ou à caractère de salure à texture moyenne à fine
- Sols calcimorphes gypseux.
- Sols halomorphes (position géographique limitrophe de la dépression salée de Gafsa)

b) - Oasis de Lalla: Superficie 700 ha; même données climatiques et même paramètres d'irrigation que le périmètre de Gafsa sud ouest; salinité de l'eau d'irrigation varie entre 1,8 et 3 mmhos/cm; principales spéculations: l'olivier

Les principaux types de sol:

Les sols peu évolués d'apport alluvial qui sont sains à texture grossière sur les rives de l'oued el Mellah et à caractère de salure et texture moyenne à l'intérieur de l'Oasis.

c) - Oasis d'El-Guettar: Superficie 450 ha; mêmes données climatiques que les oasis de Lalla et Gafsa Sud ouest; conductivité électrique de l'eau d'irrigation 2,4 à 3,9 mmhos/cm;

principales spéculations: (palmiers dattiers, arboricultures fruitières, maraîchage et fourrages).

Les principaux types de sol:

La formation des sols est étroitement liée à la géomorphologie de la zone. En effet, nous constatons une séquence nette du Djebel Orbata vers le chott avec la répartition suivante:

- En amont, des sols peu évolués alluviaux et colluvionnaires: sains, peu salés à croûte gypseuse profonde et à hydromorphie de pseudogley.
- Dans la partie intermédiaire, des sols hydromorphes: à encroûtement gypseux sans ou avec gley de profondeur, à encroûtement gypseux fortement salées et à gley de profondeur avec ou sans encroûtement gypseux parfois fortement salés.
- En aval, des sols halomorphes fortement salés avec présence de nappe à proximité du chott. Cette zone reste toujours menacée par l'avancée du chott.

Il faut noter que les sols sont fortement anthropisés surtout par le décroûtage et le recréusement.

2) Méthodes

Deux méthodes ont été essayées pour suivre l'évolution de la salure: la méthode classique basée sur l'échantillonnage et la méthode électromagnétique

a) - La méthode classique: Elle consiste à suivre l'évolution des profils salins dans un certain nombre de sites représentatifs des sols de gestion. Dans chaque périmètre, des sites identifiables ont été retenus dans des parcelles irriguées, différentes au point de vue sol et culture (le paramètre mode de gestion d'eau n'a pas été pris en considération vu qu'il est difficilement cernable). Au niveau de ces sites retenus, le sol était prélevé de 20 en 20 cm jusqu'à 120 cm de profondeur. Sur cette terre, les conductivités électriques sur extrait de pâte (CE_e) et sur extrait au un cinquième (CE_c) ont été effectuées, de même que la teneur en gypse et l'humidité des sols au moment du prélèvement. Etant donné le nombre limité de sites (10) par rapport à la superficie concernée, cette méthode ne permet de fournir qu'une appréciation générale de l'état de la salure dans le périmètre, par comparaison des profils salins dans le temps.

Recherche de corrélation CE-CE_c: Pour chaque périmètre on a essayé de trouver une corrélation entre CE de la pâte saturée et celle de l'extrait au un cinquième (CE_c).

b) - La méthode de conductivité électromagnétique: Elle permet d'évaluer la salinité globale apparente des sols, intégrée sur une profondeur de 2 mètres environ. Les mesures sur le terrain sont systématiquement ramenées à l'humidité pondérale du sol Op. En un point donnée, la mesure globale de la salinité du sol est corrélée à la moyenne des valeurs de conductivités électriques de l'extrait à saturation du sol (CE_{sat}) des échantillons prélevés tous les 20 cm jusqu'à 120 cm de profondeur. En un point donné, on a deux valeurs de la conductivité électromagnétique: la conductivité en mode horizontal (CEH) et la conductivité en mode vertical (CEV). Le rapport CEV/CEH nous permet de voir l'évolution du profil salin:

- CEV/CEH > 1: Profil salin croissant (-> lessivage);
- CEV/CEH = 1: Profil salin constant;
- CEV/CEH < 1: Profil salin décroissant (-> remonté capillaire).

L'avantage de cette méthode c'est qu'elle permet d'effectuer des centaines de mesures, rapidement et avec le maillage voulu.

3) Résultats:

a) Méthode classique:

Oasis El Guettar: 7 Sites ont été retenus et ont été suivi trimestriellement de Août 90 à Août 92 (tableau 1).

Tableau 1. Caractéristiques des sites.

site	Nature des sols	Occupation
G1	Sols peu évolués d'apport alluvial sain texture limoneuse à équilibrée	Abricotiers + Pistachiers + Grenadier
G2	Sols peu évolués alluviaux à encroûtement profond 1m. Texture limoneuse.	Palmiers dattiers luzerne
G3	Sols hydromorphes à encroûtement gypseux profond. Texture limoneuse	palmiers dattiers
G4	Sols halomorphes Nappe à 2,5m Texture limoneuse	parcelle non cultivée, Végétation halophyte
G5	Sols halomorphes à encroûtement gypseux profond 1,5m Texture limoneuse	Oliviers +Grenadier + Maïs
G6	Sols halomorphes à encroûtement Gypseux profond 1,5m Texture limoneuse	Palmiers dattiers
G7	Sols hydromorphes à Gley salée. Zone inondée en 1990	Palmiers dattiers en mauvais état.

La tendance générale est vers une salinisation soit en surface soit en profondeur:

- Dans les parcelles amonts loin des influences de la nappe, la salinisation en surface est moins importante qu'en profondeur; le rapport CEf/CEi est plus grand dans les horizons de profondeur cela montre que le lessivage est peu fonctionnel surtout en profondeur (G1 G2).
- Dans les parcelles pré-chotteuses la salinisation est plus importante en surface, la remontée des sels par capillarité est très importante.
- Le site 4 non cultivé et situé au même niveau que le site 7 par rapport au chott présente une salure très élevée (près de 70 mmhos/cm), avec une concentration des sels en surface.
- Le site 7, cultivée en palmier, a les mêmes tendances mais la salure est moins importante: 30 mmhos/cm en surface et 17 mmhos/cm en profondeur.

Conclusion:

- Il faut donner des doses supplémentaires de lessivage pour chasser les sels en profondeur surtout pour les zones amont à drainage externe bon.
- L'action de l'homme est très importante (fumure, irrigation, mise en culture, éviter les tabias en terre pour favoriser le drainage).
- Les parcelles pionnières doivent être cultivées pour atténuer l'effet de capillarité et avantager le lessivage.
- Les zones pré-chotteuses salées doivent être bien gérées à savoir:

- Il faut éviter de planter la strate moyenne (arboricultures fruitières), car à chaque inondation il y a une hydromorphie permanente qui dure plusieurs mois et qui est très néfaste pour ces plantations.

- Eviter les dépôts d'ordures pour ne pas polluer la nappe et le sol.

- Protéger l'oasis contre l'urbanisation anarchique

- Le drainage est souhaitable, mais cette recommandation est non pratique et coûteuse, il faut faire une protection à l'amont par des travaux CES et surtout empêcher les crues de l'oued El Melah de regagner le chott.

- Actuellement 17 piézomètres ont été installés pour suivre les fluctuations de la nappe.

Oasis Lalla: 7 Sites ont été retenus et suivis entre Août 90 et Août 92 (Tableau 2). Après deux années de suivi, la tendance est généralement vers une légère désalinisation $CEf/CEi < 1$ ou vers une stabilité de la salure. Cette situation d'équilibre est à préserver surtout que la salure reste voisine de 6 mmhos/cm, valeur qui n'a pas de conséquences graves sur la production. Dans certains cas, nous constatons que la salure augmente en profondeur, vers 60 à 80; cela montre que le lessivage n'a pas touché les horizons de profondeur.

Tableau 2. Caractéristiques des sites

Site	Nature des Sols	Occupation
L 1	Sols peu évolués d'apports alluvial texture limono-sableuse.	Oliviers adultes
L 2	Sols peu évolués à caractère de salure. Texture limoneuse amas et gypse diffus.	Oliviers adultes
L 3	Sols peu évolués d'apport alluvial à caractère de salure, amas et gypse diffus, ancienne hydromorphe	Oliviers adultes
L 4	Sols peu évolués d'apport alluvial texture légère	Oliviers adultes
L 5	Sols peu évolués alluvial texture limoneuse amas et cristaux de gypse (encroûtement 80 cm)	Oliviers adultes
L 6	Sols peu évolués à caractères de salure. texture sablo-limoneuse	Oliviers adultes
L 7	Sols peu évolués amas et tâches gypseuse compact en profondeur	Oliviers adultes

Oasis de Gafsa Sud ouest:

- Etude pédologique de BELKHODJA en 1966, c'est la première étude pédologique au sens classique qui a pour objectif la détermination de l'aptitude culturale. Cette étude a été prise comme référence.

- En 1986 quelques échantillons de sol ont permis une évaluation ponctuelle du profil salin dans certains secteurs.

Il a été apparu une salinité moyenne de 4 à 5 mmhos/cm mais sans une tendance particulière de salinisation.

- En 1989 certains points identifiables de la carte de BELKHODJA ont été analysés de nouveau. Une simple comparaison entre les valeurs de salinité de 1966 et 1986 montre malgré une pratique ancienne de l'irrigation, un équilibre naturel s'effectue, se traduisant par des profils salins assez constant dans le temps.

- En 1990, une étude de l'effet des inondations de Janvier 1990 sur le lessivage a été faite et a montré que la quantité de sel exportée est d'environ

- 300 g/m² entre 0 et 10 cm
- 450 g/m² entre 30 et 40 cm
- 250 g/m² entre 50 et 80 cm

- Le suivi effectué entre Août 90 et Août 92 sur 5 sites représentatifs de différents sols (texture, salure initiale et occupation) a montré une tendance générale vers une salinisation, mais qui n'est pas très importante et ne dépasse pas le seuil de 5 mmhos/cm. Devant cette tendance il faut surtout renforcer les doses d'irrigation par des doses de lessivage et surtout continuer le suivi au moins une fois par an.

a) Méthode électromagnétique:

Lorsqu'on a entamé l'étude du suivi de la salure, nous avons décidé de partir du plus général (méthode classique de surveillance des profils salins dans des sites représentatifs) au plus localisé (suivi par méthode électromagnétique au niveau d'une parcelle représentative). Cela a été fait au niveau des oasis d'El Guettar et Lalla.

Dans l'oasis de Lalla: Le suivi a concerné deux parcelles pendant 4 années et dont on suit périodiquement les quantités d'eau apportées (à la manière de l'agriculteur).

- Parcelle de Lalla 1: Taille: 25 m x 25 m; Maille: 7 m x 10 m; Superficie: 0,2 ha.

- Parcelle de Lalla 2: Superficie: Quelques centaines de m²; des mesures aléatoires ont été effectuées sans maillage défini.

Principaux caractéristiques des sols: - Texture limoneuse; - Taux de gypse 27 à 47 %; - PF_{4,2} = 9 %; - PF_{2,5} = 23 %; - Perméabilité 2,1.10⁻⁵ m/s

Les valeurs de conductivité électromagnétique mesurées sur le terrain ont été ramenées à l'humidité pondérale du sol à 15% par la formule: $CEH(\Theta_2) = CEH(\Theta_1) + 5,4(\Theta_2 - \Theta_1)$; où Θ est l'humidité pondérale de la terre. Les mesures de CEH et CEV seront corrélées avec la conductivité électrique de la pâte saturée. Pour l'oasis de Lalla la relation est la suivante: $CE_{sat} = 0,08 * CEH + 0,075 * \Theta$.

Neuf campagnes de mesures ont été effectuées sur les deux parcelles. L'interprétation des résultats des différentes campagnes montre que :

- Le rapport CEV/CEH est toujours supérieur à 1, ce qui montre qu'il y a un lessivage, mais qui n'est pas suffisant en profondeur.
- Que la salure reste à un seuil moyen de 7 mmhos/cm valeur qui n'est pas trop dangereuse pour les cultures (oliviers).
- Que les pluies de 1990 ont permis un lessivage des sels jusqu'à 1,5 m de profondeur.
- Les quantités d'eau apportées à la parcelle quant elles dépassent 800 m³/an permettent elles aussi un lessivage.
- Que la salure a augmenté brusquement quant l'irrigation n'a pas été pratiquée pendant 8 mois (Janvier 91 - Août 91).

Perspectives:

- Continuer le suivi au moins une fois / an
- Connaître les quantités d'eau apportées à la parcelle ainsi que les rendements en collaboration avec les arrondissements production végétale et périmètres irrigués.
- Etendre le suivi à d'autres périmètres touchés par la salure ou l'hydromorphie.

HYDROMORPHIE ET SALURE DES SOLS DES OASIS DE NEFZAOUA ET GHERIB. ETUDE DE CAS DE REGIM MAATOUG 1 et 2.

GRIRA Mohamed (*)

(*) Arrondissement des Sols - CRDA Kebili.

Résumé: La région Sud du Chott Djerid (Nefzaoua et Gherib) compte plus que 70 périmètres irrigués oasiens couvrant une surface de l'ordre de 9 000 ha sans tenir compte des extensions oasiennes anarchiques dans la région de Nefzaoua. Plusieurs centaines d'hectares des sols dans ces oasis sont affectés par des phénomènes d'hydromorphie et de salure. Les effets résultants de ces phénomènes entraînent une stérilisation progressive des terres et par conséquent une baisse croissante de la productivité des terres affectées.

Des études techniques ont été réalisées dans différents périmètres oasiens en vue d'évaluer l'état de salinisation des sols et de quantifier l'ampleur des extensions spatiales de ces phénomènes. Ces études ont abouti à des résultats et des conclusions utiles pour une utilisation rationnelle et durable des sols oasiens.

L'étude de cas des périmètres oasiens de Rejim Maâtoug 1 et 2 dont on connaît bien déjà l'état initial des sols de ces périmètres, ainsi que leurs caractéristiques physiques, minéralogiques et topographiques sera développée dans la présente communication.

Les résultats obtenus suite à une surveillance périodique et régulière de la piézométrie et de la salure de la nappe phréatique à l'intérieur de ces périmètres de Rejim Maâtoug 1 et 2 seront présentés.

La communication se termine par un bref commentaire des résultats et par la proposition d'un certain nombre de recommandations pratiques pour une meilleure gestion des ressources en sol et en eau dans notre patrimoine oasien dans les régions de Nefzaoua et de Ghérib.

- 8 -

**PRINCIPAUX EFFETS D'UTILISATION DE L'EAU
SAUMATRE SUR UN SYSTEME IRRIGUE
(d'après AYERS ET WESTCOT 1976)**

	INTENSITE DES EFFETS		
	FAIBLE	MOYEN	SEVERE
EFFET DE LA SALURE DE L'EAU SUR L'ALIMENTATION HYDRIQUE DES CULTURES EC (MS. Cm-1)	0,75	075/3,0	3,0
EFFET DU SAR MONT SUR LA CONDUCTIVITE (2:1)	6	6/9	9
HYDRIQUE DU SOL ILL/VER (problèmes perméabilité et (2:1) drainage) KAOL	8	8/16	16
	16	16/24	24
(1,1)			
EXEMPLE DE TOXICITE DES CHLORURES SUR DES CULTURES SENSIBLE Cl-(meq/l)	4	4/10	10

EVOLUTION DE LA SALINITE DANS LES OASIS DE GABES

SAIED Adel (*)

(*): Arrondissement des sols, CRDA de Gabès.

Résumé: Les oasis de Gabès ont des sols aptes à l'irrigation et ce depuis des millénaires. Caractérisés par une texture sablo-limoneuse, ces sols sont marqués par l'accumulation des sels (chlorures ou sulfates) à différents niveaux de profondeur. Leur perméabilité est bonne, et permet dans une certaine mesure l'évacuation des excès de sels. Au début des années 80, les oasis étaient faiblement valorisées, à cause d'une multitude de contraintes. Cette situation a changé après 1990 lorsque le projet de sauvegarde de l'oasis de Gabès a commencé à donner ses fruits par les nouvelles structures et la meilleure gestion et organisation de l'espace agricole et de l'eau. Une nette diminution de la salure des sols et une remarquable amélioration de l'état général des oasis sont les conséquences de cette nouvelle situation, malgré les nombreuses contraintes de nature sociale et autre (abandon dans certains oasis; morcellement très prononcé, constructions anarchiques...) qui menacent ce patrimoine très précieux.

INTRODUCTION

On peut résumer les résultats des études pédologiques des années 1965, 1966 et 1968 dans les faits les plus importants.

- 1) Types de sols. Ce sont généralement des sols :
 - Peu évolués d'apport fluviaux.
 - Hydromorphes à pseudogley ou à gley (avec présence d'une nappe).
 - Salés à structure dégradée ou non dégradée mais surtout à encroûtement gypseux de nappe. Ces sols occupent les terrasses d'oueds ou les bordures de dépressions salées (Sebka).
- 2) L'épaisseur de la couche meuble est généralement supérieure à 80 cm.
- 3) La texture est essentiellement à sables fins, dans les premiers horizons devenant limono-sableuse et parfois argilo-sableuse en profondeur.
- 4) La salure est omniprésente dans tous les sols et les teneurs sont parfois très importantes aux abords des dépressions salées.
- 5) La pente est parfois très faible.

MILIEU NATUREL

a) Climat:

Evoluant sous un climat méditerranéen aride à étage bioclimatique inférieur (le Houerou, 1969) les oasis côtières bénéficient de la proximité de la mer. Ce climat est caractérisé par la longueur de la saison sèche 9 à 10 mois, une précipitation moyenne annuelle de 187 mm, un E.T.P. (Thorntwaite) d'environ 1000 mm, une évaporation (piche) 2022 mm et une température moyenne annuelle de 19,3°C. Les vents sont fréquents et les plus dominants sont du secteur Est et Nord-Est avec 28 jours de sirocco par an.

b) Géologie:

Le substratum géologique est représenté essentiellement par des formations du mio-plioquaternaire : argiles, sables et gypses. Les alluvions du quaternaire récent constituent le support des terres des oasis. En effet ces terres se situent sur des terrasses sub-actuelles de sables (sables fins) et limons dont l'épaisseur est généralement supérieure à 2 m. la vallée de l'Oued joue le rôle de drain naturel. Il est à noter que l'environnement pédologique de ces oasis est dominé par la croûte gypseuse très épaisse (> 2m) qui apparaît dans certains

cas en surface. Les accumulations sableuses (dunes mobiles) sont observées dans l'axe des oasis de Chott El Fejaj Ben Ghilouf-El Khebaïët-Bechima-El Hamma.

c) Pédologie:

Les sols des périmètres des oasis évoluent sur un matériau alluvionnaire. Ces alluvions occupent des terrasses d'oued (exutoire) ou des dépressions endoréiques (sebkha ou chott) ce qui provoque une contamination par les sels dans presque la totalité des sols. Les données essentielles de caractérisation des sols sont:

- **La texture:** Les prélèvements effectués au niveau de certains sites ont montré une nette prédominance de la fraction sables fins, suivie par les limons et enfin l'argile. Quelques variations verticales ont été observées mais de faible importance. Cette texture finement sableuse a des répercussions directes sur le pouvoir filtrant de ces sols. Ceci est confirmé par les essais d'infiltration (voir tableau des tests d'infiltration).

- **La salure:** Les échantillons prélevés dans les secteurs des périmètres agricoles n'ont pas montré des teneurs importantes des sels, exception faite sur ceux de l'oasis d'El Hamma avec des valeurs de 16 à 15 mmhos par cm et augmentant parfois en profondeur. Ce sont des sels dont la qualité varie d'une oasis à une autre mais toutefois se sont soit les sulfates de calcium et de magnésium qui sont dominants soit les chlorures de sodium et de potassium.

- **Les eaux de drainage:** Contrairement aux oasis de Ghannouche, l'accumulation gypseuse de nappe (Terch) n'apparaît pas nettement et les teneurs sur les échantillons prélevés restent faibles sauf pour El Hamma où elles peuvent atteindre 54 % vers 90-100 cm et un début d'encroûtement. Les taux de carbonates sont aussi faibles et ne dépassent jamais 11% (en calcaire total).

- **La nappe:** Généralement, elle influence une partie de ces sols (sols hydromorphes à gley), sa profondeur moyenne varie d'une oasis à une autre (0,80 m à 2m). La salure des eaux exprimée en résidus secs est de 6,3 g/l à Zerkine; 7,6 g/l à Métouia; 13,2 g/l à Oudref et à El Hamma 10,0 g/l. La composition chimique de ces eaux est essentiellement sulfato-sodique.

- **L'eau d'irrigation:** Provenant essentiellement de la nappe de la Djéffara, du Complexe Terminal et du Continental Intercalaire à partir de forages profonds (entre 50 et 100 mètres) El Khebaïët-Ben Ghilouf, cette eau est généralement sulfato-chlorurée sodique avec des résidus secs variables de 2,8 à 4 g/l.

- **Etat hydrique:** Les prélèvements d'humidité à différentes dates (profils hydriques) ont montré une certaine variabilité de la réserve hydrique d'un secteur à un autre (avant ou après irrigation), mettant en jeu les propriétés physiques (granulométrie - structure - compactage - coefficient d'infiltration). Situés généralement dans l'intervalle de la réserve utile, les profils hydriques dénotent parfois des excès d'eau, à partir d'une profondeur moyenne 50-60 cm et jusqu'en bas, ou bien des déficits dans les horizons sub-superficiels et superficiels. La réserve utile des profils type varie de 103 mm (Kettana) à 260 mm (Métouia). Pour les oasis de Gabès Nord, elle est de l'ordre de 180 mm, Gabès Ouest (El Hamma) 205 mm et Gabès Sud 138 mm.

- **L'infiltration:** Les tests d'infiltration selon la méthode Porchet - profils types - montrent un coefficient K qui se situe entre 2,5 cm/h (sol peu perméable) à Métouia et 11,5 cm/h (sol perméable) à Kettana et El Hamma. Il faut noter que la méthode du double cylindre de Müntz appliquée pour tous les profils des différentes oasis a donné des valeurs du coefficient $5 \cdot 10^{-6} < K < 5 \cdot 10^{-5}$, ce qui nous conduit à classer les sols comme perméables. Les valeurs d'infiltration sont en relation étroite avec les caractéristiques physiques des profils: granulométrie -compactage (représenté par la densité apparente) et aussi par la

dynamique géochimique des solutions du sol (chlorures, gypse, pH). Les tableaux suivants nous montrent un aspect de cette interaction

- **Propriétés physico-chimiques des profils représentatifs** (voir annexe -résultats d'analyse): Les sols sont faiblement riches en matière organique ne dépassant guère 1,5 % dans les premiers horizons:

* Une texture à dominante sablo-limoneuse (importance des sables fins, sables grossiers et limons fins) le long du profil une relative proportion de fraction fine (argiles + limons fins) est constatée vers le bas: Metouia - Ouedref - Serkine - Mareth.

* Une structure polyédrique sub-anguleuse à polyédrique devenant strictement massive en profondeur.

* un pH globalement basique de 7,70 à 9

* Des teneurs en carbonates (calcaire total) peu importantes dans le groupe des oasis de Gabès Nord et Ouest < 10% et pouvant atteindre 23% à Mareth et Gabès sud.

* Des teneurs en sulfates (gypse) plus importantes dans le groupe de Gabès Nord et Ouest qu'au Sud (calcaire plus dominant). Les valeurs extrêmes sont constatées à Métouia 65 % à 100-120 cm encroûtement de nappe, à El Hamma nous avons en profondeur entre 45 et 55 % (encroûtement).

Dans le restant des oasis de Gabès Nord des valeurs comme 30-25-15% (de haut en bas) sont assez fréquentes: c'est une accumulation sulfatée à moyenne profondeur.

* Des caractères d'hydromorphie représentés par des taches ocre-jaune (pseudo-gley) ou gris vert (gley) en profondeur et présence de la nappe phréatique. Malgré la saison fraîche, le niveau du plan d'eau de la nappe est au delà de 1m à 1,20m.

Récapitulation:

Les profils représentatifs des sols d'oasis montrent globalement des caractéristiques analogues et dénotent une parenté d'origine et des processus d'évolution comparables:

1 - Les sols occupent des sites de terrasses d'oueds, de dépressions périphériques par conséquent ils sont bien marqués par l'apport fluviale ancien associé à l'apport éolien actuel.

2 - Ces sols sont exploités par l'homme en irrigué depuis fort longtemps selon le système oasien bien connu du Sud tunisien.

3 - Suite à cette occupation ancienne, une accumulation de sels (chlorures et sulfates) représentée par une croûte saline superficielle ou encroûtement et croûte gypseuse de profondeur s'est manifestée avec en même temps une élévation du niveau de la nappe phréatique: phénomène d'hydromorphie.

4 - Ces sols étaient à l'origine peu évolués d'apport mixte (fluviale et éolien) deviennent en fonction du temps des sols hydromorphes à gley et pseudogley pour finir en sols halomorphes en cours de dégradation.

RESULTATS

a - **Taux de salure:** Les valeurs comparatives globales par oasis entre 1987 et 1992 nous permettent de dégager les faits suivants:

1/ Le groupe de Gabès Sud détient toujours les faibles valeurs de salure. Pour l'oasis de Mareth, les valeurs enregistrées montrant une salure non excessive, avec en 1990, une très nette diminution, due aux crues de Janvier 1990 et la mise en eau en Mai 1990. Pour l'oasis de Zerkine 2 et Kettana l'allure générale est une baisse, alors que pour Zerkine 1 on assiste à une augmentation de la salure à cause de l'abandon des exploitations suite au dessèchement du forage.

2/Le groupement de Gabès Nord : une certaine augmentation à Métouia et une baisse pour Oudref et Bouchema, surtout après les crues de 1990. L'abandon et le manque d'eau sont les causes de la situation de l'oasis de Métouia.

3/ Le groupe d'El Hamma détient les valeurs les plus fortes, malgré la baisse très remarquable observée en 1992. La concentration des sels en surface, en moyenne profondeur ou même en profondeur reste modeste, mais elle est plus marquée nettement en surface du côté d'El Hamma et plus en profondeur du côté de Metouia.

b- **La nature des sels :** L'analyse du bilan ionique a montré l'importance des sels chlorurés, sodiques et sulfatés. Notons tout de même que les faciès géochimique restent semblables.

Tableau 1: Valeurs extrêmes et moyennes de la salure dans les oasis de Gabès.

Oasis\An.	1987			1990			1992		
	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.	Min.	Moy.	Max.
Kettana	2,9	3,9	5,4	1,2	3,6	7,5	0,9	2,2	5,7
Zerkine 1	3,3	5,4	17,5	2,5	4,1	7,5	1,3	7,4	19,5
Zerkine 2	4,2	5,4	7,2	3,5	7,3	20,8	2,0	4,2	7,7
Mareth	5,1	5,6	6,9	2,0	5,1	7,9	2,1	4,8	12,4
Metouia	4,7	7,6	10,0	5,1	13,6	29,3	3,2	17,1	80,8
Oudref	4,6	21,3	70,9	3,9	11,2	37,5	2,9	8,1	45,2
El Hamma	7,7	24,6	67,8	4,5	23,7	71,0	3,6	26,1	82,7
Bouchema	2,6	7,8	24,1	3,0	5,1	7,7	3,4	8,7	14,7

CONCLUSION

Les oasis de Gabès ont des sols aptes à l'irrigation et ce depuis des millénaires. Caractérisés par une texture sablo-limoneuse, ces sols sont marqués par l'accumulation de sels (chlorures ou sulfates) à différents niveaux de profondeur. Leur perméabilité est bonne, et permet dans une certaine mesure l'évacuation des excès de sels.

Si la salinité des sols d'oasis reste, tout le long du suivi (1987 à 1992), globalement peu importante, il faut signaler tout de même le cas d'El Hamma qui reste élevé. Aussi certains secteurs de Zerkine 1 (Gabès Sud) et surtout Métouia (Gabès Nord) relèvent un certain accroissement de la salure.

En effet, au début des années 80, les oasis étaient faiblement valorisées, à cause d'une multitude de contraintes. Cette situation a été remplacé en 1990 d'une part après les crues de Janvier, d'autre part lorsque le projet de sauvegarde des oasis de Gabès a commencé à donner ses fruits par les nouvelles structures et la meilleure gestion et organisation de l'espace agricole et de l'eau. Une nette diminution de la salure des sols et une remarquable amélioration de l'état générale des oasis sont les conséquences de cette nouvelle situation malgré les nombreuses contraintes de nature sociale et autre qui menacent ce patrimoine très précieux (absentéisme et abandon dans certains oasis, morcellement très prononcé, constructions anarchiques...).

**RELATION
SOL-NAPPE-ATMOSPHERE**

ECONOMIE DE L'EAU EN IRRIGATION PAR LA BONIFICATION DES SOLS SABLEUX AVEC UN AMENDEMENT ARGILEUX

BOUSNINA Habib (*)

(*) Institut National Agronomique de Tunisie

Résumé: Une étude des effets d'un amendement argileux d'un sol sableux sur la rétention de l'eau et sa disponibilité pour les plantes a été réalisée sur un terrain expérimental de l'oasis INB CHABBAT, dans le sud ouest de la Tunisie.

Les résultats obtenus nous ont permis de montrer que :

- L'amendement argileux des sols sableux améliore leur rétention d'eau quelles que soient la dose et la modalité d'incorporation de l'argile (couches de mélanges homogènes sable-argile ou colmatage des parois du sol par une pâte d'argile pure). Déjà, avec un taux d'argile 2% seulement nous pouvons économiser des quantités non négligeables d'eau d'irrigation.

- Le colmatage des parois du sol est plus efficace dans l'amélioration de la réserve en eau utile que l'amendement en couches de mélanges homogènes sable-argile. Le gain en réserve d'eau utile assuré par ce traitement est de 57,5 % par rapport au témoin contre 32 % pour le mélange à 8 % d'argile.

- L'apport d'argile accroît la rétention de l'eau aussi bien dans la couche amendée que dans les couches de sable de part et d'autre de celle-ci.

- L'amendement en couches de mélanges homogènes combiné au colmatage des parois, entraîne un gain en réserve d'eau utile supérieur à la somme des gains engendrés par ces deux modalités d'amendement séparément.

MOBILISATION ET GESTION DES RESSOURCES EN EAU

DANS LES OASIS DU DJERID

ABIDI Brahim (*) et KLILA Mohamed (**)

(*) : Arrondissement des Ressources en Eau - CRDA Tozeur.

(**) : Arrondissement du Génie Rural - CRDA Tozeur.

Résumé: Cette communication comporte trois parties:

- La première partie traite de la mobilisation, l'allocation et la gestion des ressources en eau telles qu'elles ont été conçues et pratiquées dans les anciennes oasis.

- La deuxième partie traite de la politique et les moyens mis en oeuvre par le Ministère de l'Agriculture dans le cadre au Plan Directeur des eaux du Sud dans le but de satisfaire les besoins en eau des oasis anciennes et des Périmètres nouvellement créés.

- La troisième partie traite l'impact des projets d'irrigation modernes sur l'optimisation et la valorisation de la ressource en eau et sur la maîtrise de sa gestion dans les oasis.

I. LE RESEAU TRADITIONNEL D'IRRIGATION DANS L'OASIS DE TOZEUR

Nous avons choisi le cas de système de l'irrigation traditionnelle de l'oasis de Tozeur, non pas parce qu'il est le plus connu, mais parce qu'on en parle le plus souvent.

1. Les sources

L'oasis était irriguée par l'oued de Tozeur qui constitue la réunion de toutes les sources de Ras El Aïn en amont de l'oasis. La zone de Ras El Aïn (Fig.1), comme son appellation l'indique, est une aire où prenait naissance les sources qui irriguaient avant la création des forages en début de ce siècle, la totalité de l'oasis de Toueur, soit une superficie de 950 ha. Les sources, dont plusieurs d'entre elles fonctionnaient jusqu'à une date très récente (1987), étaient au nombre de onze. Elles étaient éparpillées au fond du cratère et portaient les dénominations suivantes :

- | | | |
|-----------------------------|--------------------|------------------|
| 1. AIN GAZEL, | 2. AIN GRAB, | 3. AIN BOUIDA, |
| 4. AIN ZENTEF, | 5. AIN MESLMA, | 6. AIN EL KAABI, |
| 7. AIN ADAA LACHEHEB, | 8. AIN SOUANI, | 9. AIN EL AIFA, |
| 10. AIN ELKOU DIA EL HAMRA, | 11. AIN EL GUETTA. | |

Les jaugeages réalisés sur les sources de l'oued de Tozeur depuis le début de ce siècle afin d'évaluer leurs débits ont permis de suivre l'évolution de leurs débits dans le temps. Ainsi, on a enregistré 560 l/s en 1952, 448 l/s en 1973, 225 l/s en 1980, 189 l/s en 1984, 28 l/s en 1987; le tarissement complet de ces sources s'est produit en 1988 (Fig.2 et 3).

Les sources de Tozeur sont des émergences de la nappe du Complexe Terminal du Djérid. Cette nappe était en charge sur une grande partie de la région. Ces sources sortaient par débordement de cette nappe artésienne en surface, à l'occasion de creusement de terrain naturel. Actuellement, la quasi-totalité de ces sources sont sec suite à l'extinction de leur débordement. Ce phénomène est dû au rabattement général de la nappe du Complexe Terminal au dessous de la côte topographique suite à la généralisation du pompage. Le tarissement des sources, prévu initialement par les études hydrogéologiques prévisionnelles (ERSS, 1972) vers le début des années 1980, s'est produit dans les limites des prévisions.

Figure N°1

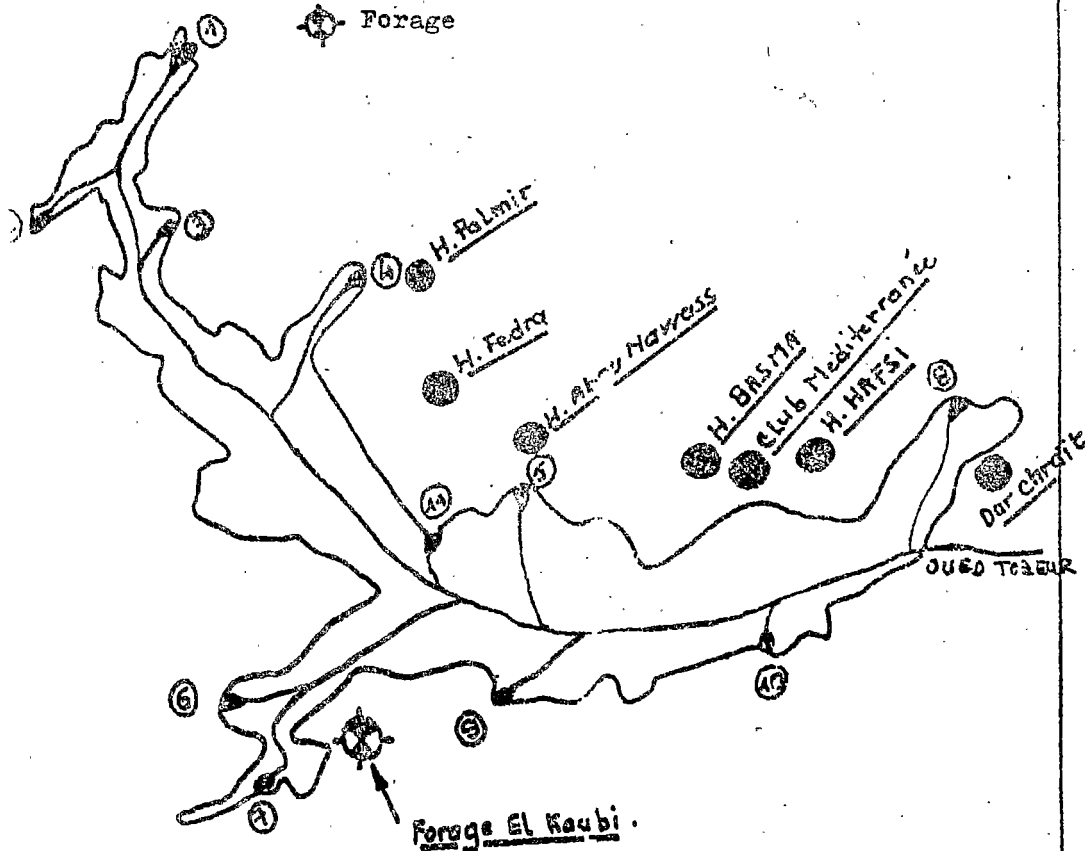
Schéma de la zone de Mas el Ain à Tozeur

Source:

- (1) Ain Gazel, (2) Ain Grab, (3) Ain Boudia, (4) Ain Zentef, (5) Ain Meslma (6) Ain Kaabi, (7) Ain Jadah Lach'heb (8) Ain Souani, (9) Ain Aïfa, (10) Ain Koudiat Hamra, (11) Ain el Guatta.

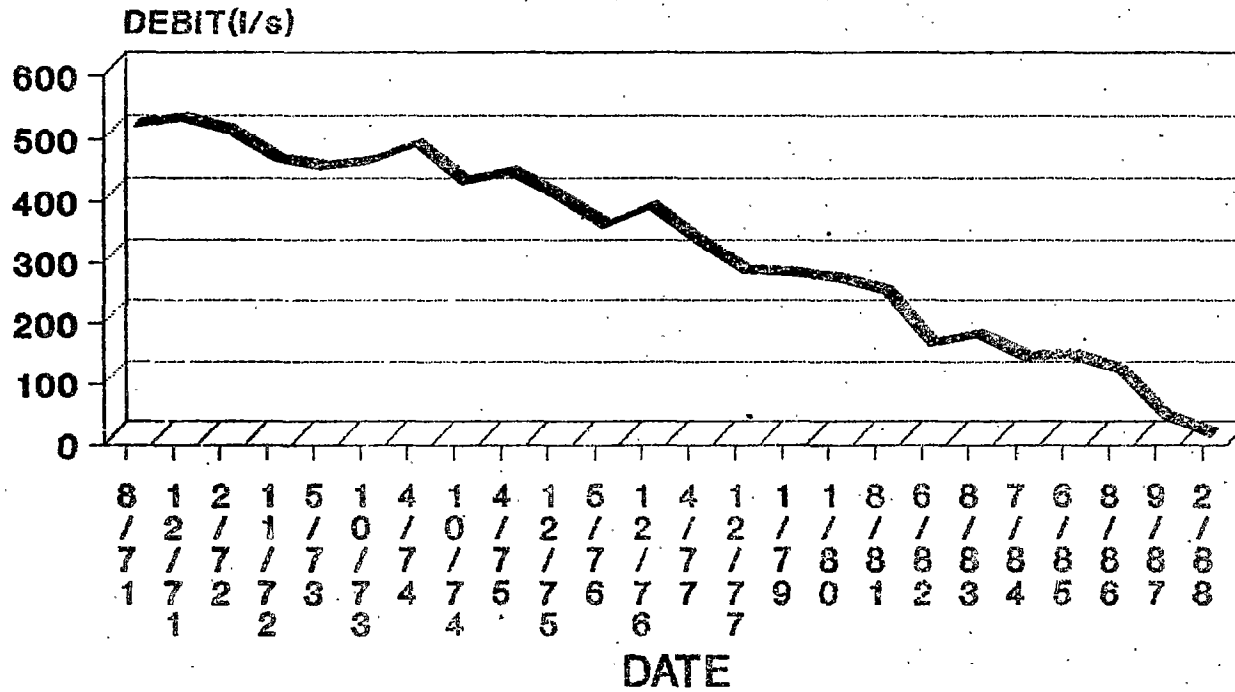
● Hotel

⊙ Forage



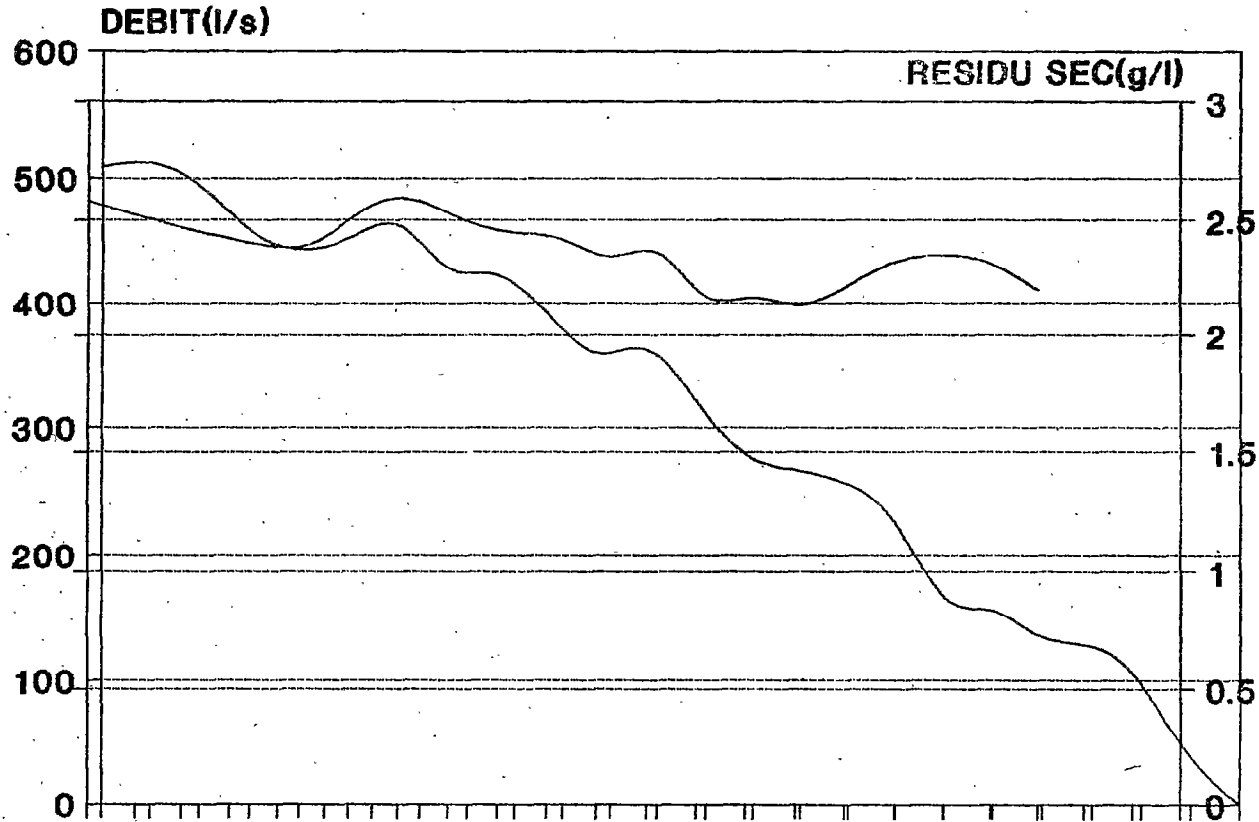
Extrait des photos aériennes, 1952. Echelle approximative
1/25 000.

FIGURE 2 HISTORIQUE DU DEBIT DES SOURCES DE
OUED TOZEUR (1971-1988)



■ debit des sources

FIGURE 3 **EVOLUTION DES DEBITS ET DU RESIDU SEC
DES SOURCES DE OUED TOZEUR 1971-1988**



2. L'oued Tozeur (Fig.4)

Appelé Oued Bayouga dans sa partie amont, l'oued de Tozeur collectait la totalité des eaux de sources à l'exception des groupes des sources d'El Hafir et Ain Ancel, qui coulaient dans des seguias indépendantes, cet oued subit un prélèvement permanent de Séguet Djaja (environ 5 l/s) un peu avant le partiteur de tête. Au niveau du premier partiteur, l'oued se divise en 3 branches. Le partiteur comprend six déversoirs mesurant tous 1,17m, sauf celui du nord qui mesure 1,215 m. Les deux déversoirs de 1,17 m situés du côté sud sont l'amorce de l'oued Abbès qui constituent une des 3 branches fondamentales de l'oued Tozeur. Les 4 autres entailles déversent toutes dans le même canal pour former la branche d'oued Wassat-R'bat. Ce canal subit plus bas un prélèvement au profil de la seguia Guernaz en se divisant en 2 déversoirs mesurant respectivement 0,93 m (pour seguit Guernaz) et 7,95 m pour le canal de l'oued Wassat-R'bat. Ce canal se divise ensuite en 2 branches sur un partiteur à quatre déversoirs, ces 2 branches sont: l'oued Wassat ou El oust qui reçoit l'eau des deux déversoirs de 1,17 m chaque et l'oued R'bat qui reçoit l'eau des deux déversoirs mesurant respectivement 1,17m et 1,77m. Ainsi, les 3 branches de l'oued qui sont appelés Oued Abbès au sud, Oued El Ouest au centre et Oued R'bat au nord, vont desservir toute la palmeraie par partages fractionnés, les principales subdivisions de ces branches peuvent être décrites ainsi.

a) **La branche de l'oued Abbès se divise de la façon suivante:** La rigole appelée "Regaiga" prend au partiteur dit "Regaiga" un septième du débit total de l'oued Abbès, un peu plus bas, le déversoir de Menchai laisse passer un prélèvement infini au profit de la parcelle Menchia, les 2 rigoles coulent continuellement. Plus bas, les 2 rigoles de Bab jarou (I et II) au niveau du partiteur qui porte le même nom prennent chacune un septième de l'eau qui reste dans l'oued Abbès après ces prélèvements des seguias de Regaiga et Menchia (soit $\frac{2}{7}$ de l'eau restante), elles coulent en permanence aussi. Les $\frac{5}{7}$ de l'eau restante dans l'oued Abbès subissent plus loin des partages différentes suivant les jours et les heures de la journée.

b) **La branche de l'oued Wassat** est divisée en 2 sur le partiteur de Garahman plus bas; au niveau des partiteurs d'Egguar et Touareg, l'eau est divisé en six parties égales, chaque sixième emprunte une rigole séparée, ou bien 2 rigoles sont jumelées pendant un certain temps. En réalité, il existe huit rigoles mais seulement 6 d'entre elles qui coulent simultanément.

c) **La branche de l'oued seguia R'bat** est divisé en sept rigoles de même volume égal à peu de chose près, à celui des rigoles de l'oued El Wassat. Dix rigoles existes sur lesquels sept coulent toujours simultanément. L'une prend naissance au partiteur appelé "Aguili" les autres au partiteur appelé "Berka";

En résumé, le partage des eaux de l'oued Tozeur est d'abord fractionnaire jusqu'au terme de la seguia. C'est à dire que si le volume débité par les sources, venait à augmenter ou à diminuer, les proportions des seguias restaient les mêmes. La variation profiterait ou nuirait à tous. Dans ce système de distribution, la seguia est le dernier terme de la division du débit, elle se divise elle même par la durée du temps et représente théoriquement le $\frac{1}{21}$ de l'eau totale de l'oued Tozeur. Après ce partage en volume, la distribution s'opère par la durée du temps, chacune des seguias arrose par alternance les différentes jardins riverains selon une rotation hebdomadaire. L'unité composant la rotation est la journée, qui court du lever du soleil au lever du soleil suivant. Les divisions de la journée sont réglées par les heures de prières faute de mesure mécanique de temps ou encore par la longueur en pied de l'ombre humaine, exemple : on dit qu'une parcelle à quatre pieds vers l'oued, cela indique que la mutation du tour d'eau a lieu dès que l'ombre s'est raccourcie, le matin, jusqu'à 4 pieds mais il était rare qu'on comptait les pieds du matin. Cependant, ce système présentait quelques inégalités de distribution par exemple une parcelle recevant l'eau toute les semaines depuis la prière d'EL Acha jusqu'au lever du soleil aurait 8 heures d'irrigation vers le 22 juin et 13 heures vers le 22 Décembre.

FIGURE 4 :

PALMERIE DE TOZEUR - RESEAU TRADITIONNEL D'IRRIGATION

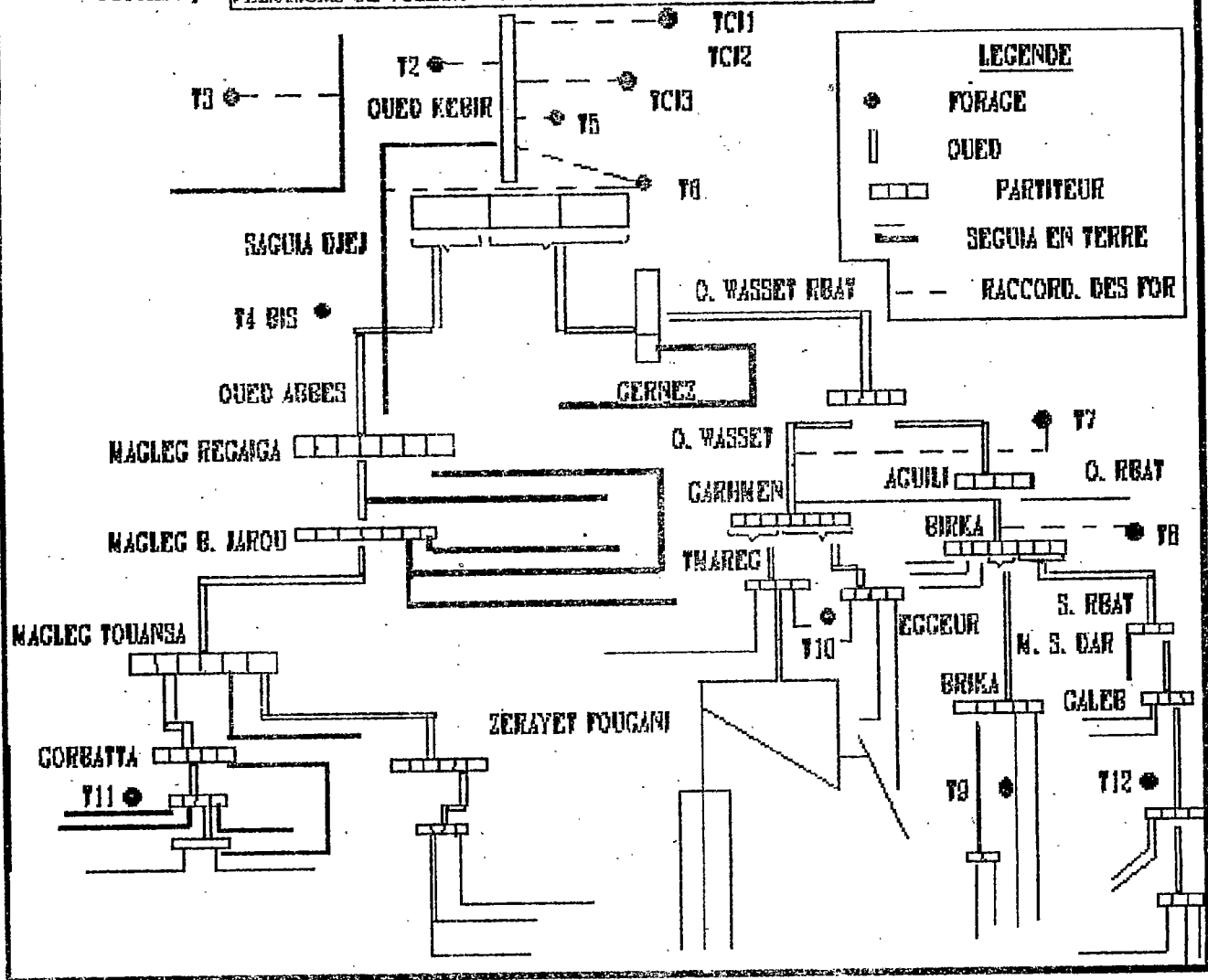


Tableau 1. Inégalité du système de partage due aux changements saisonniers.

la prière d'El Acha	lever du soleil	durée de l'irrigation
21/12, 6h40mn	22/12, 7h29mn	13h49mn
21/06, 9h34mn	22/06, 5h01mn	07h27mn

Faute d'horloge, cette inégalité n'a pas été supprimée, mais la difficulté a été contournée au moyen de plusieurs correctifs.

- **Alternance diurne et nocturne:** la plupart des débits d'eau affectés aux parcelles sont donnés une fois de jour, une fois de nuit. Ainsi telle parcelle reçoit son eau le lundi depuis le lever jusqu'au coucher du soleil et le lundi suivant depuis le coucher jusqu'au lever du soleil le mardi. Ainsi quelque soit la saison, en 15 jours, elle aura reçu le même volume d'eau.

- **Le gaddous:** qui est une sorte de jarre suspendue, dont le fond est percé, qu'en remplissait d'eau. Le temps que met la jarre à se vider donne l'unité de base, cette unité vaut 5 mn à Tozeur et 10 mn à Chebika. Dire que la parcelle B possède 18 gaddous par semaine donnés par la parcelle A, c'est à dire que le propriétaire de la parcelle B doit avant de commencer son irrigation propre, le lundi (jour et nuit) par exemple, laisser couler pendant une heure et demi dans la parcelle B, la seguia à laquelle il a droit. Ainsi la parcelle B reçoit pendant toute l'année, tous les lundis, alternativement de jour et nuit, le même volume d'eau.

Tableau 2. Exemple de distribution d'eau par rotation diurne et nocturne (Tab. de distrib. d'eau de Tozeur)

Semaine	La semaine d'après												
<table border="1"> <tr><td>Seguia Raguiga</td></tr> <tr><td>10 Gaddous après le coucher</td></tr> <tr><td>Jarr El Chouk</td></tr> <tr><td>45 G: Cridou Dahri</td></tr> <tr><td>45 G: Cridou Wastani</td></tr> <tr><td>Lever</td></tr> </table>	Seguia Raguiga	10 Gaddous après le coucher	Jarr El Chouk	45 G: Cridou Dahri	45 G: Cridou Wastani	Lever	<table border="1"> <tr><td>Seguia Reguiga</td></tr> <tr><td>Lever du soleil</td></tr> <tr><td>Jarr El Chouk</td></tr> <tr><td>45 G: Cridou Dahri</td></tr> <tr><td>45 G: Cridou Wastani</td></tr> <tr><td>120 G. après le lever</td></tr> </table>	Seguia Reguiga	Lever du soleil	Jarr El Chouk	45 G: Cridou Dahri	45 G: Cridou Wastani	120 G. après le lever
Seguia Raguiga													
10 Gaddous après le coucher													
Jarr El Chouk													
45 G: Cridou Dahri													
45 G: Cridou Wastani													
Lever													
Seguia Reguiga													
Lever du soleil													
Jarr El Chouk													
45 G: Cridou Dahri													
45 G: Cridou Wastani													
120 G. après le lever													

Dans cet exemple, la parcelle appelé "Jarr Chouk" à son tour d'eau, toute semaine une fois de jour et une fois de nuit mais avant de commencer son irrigation, le propriétaire doit laisser couler l'eau pendant 45 gaddous dans la parcelle de "Kridou Oustani" et 45 gaddous dans la parcelle soit total 7 heures et demi. L'irriguant dont vient le tour va couper l'eau à celui qui le précède jusqu'à ce que le suivant lui coupe l'eau à son tour. Une particularité du partage de l'eau dans l'oasis de Tozeur est que la propriété de l'eau est indépendante de la propriété du sol: la quantité d'eau affectée à chaque parcelle n'est nullement proportionnelle à sa surface, mais fixée par des droits indépendants de la propriété du sol. C'est un dédoublement remarquable de la propriété, dont le droit de propriété du sol et le droit de propriété de l'eau sont deux choses distinctes, et dans toute vente immobilière, la cession ou le droit d'eau est mentionné au mois suivant.

II. LES RESSOURCES EN EAU DU DJERID

Par sa situation géographique, le Djérid se caractérise par un climat continental aride avec des amplitudes thermiques très importantes. La pluviométrie est faible et homogène et ne dépasse pas les 100 mm/an sur toute l'étendue de la région. Le réseau hydrographique est très lâche. Les ressources en eau sont en totalité souterraines. Les principales nappes existantes dans le sous-sol du Djérid sont par ordre d'importance: La nappe du Complexe terminal, la nappe du Continental Intercalaire, les nappes phréatiques, la nappe du plioquaternaire

1) La nappe du Complexe Terminal

Le Complexe Terminal désigne l'ensemble des formations déposées au Sahara au cours du Sénonien, de l'Eocène, du Miocène et Quaternaire. Au Djérid, la nappe circule dans le Miopliocène sableux correspondant au Continental Intercalaire et dont l'extension comprise entre la chaîne Metlaoui-Gafsa au Nord et une partie de la plate-forme saharienne représentée par la latitude 30°20"N au Sud. Le Miopliocène sableux correspond à la formation Beglia, c'est donc la partie basale du Continental Intercalaire qui est aquifère et se développe sous Chott El Djérid, au sud-ouest du chott sur la ride du Djérid et sous la dépression de Chott El Gharsa.

* **Réservoir:** Au Djérid, l'aquifère des sables pontiens ont une épaisseur moyenne de 150m, cette épaisseur ne dépasse guère les 100m dans la partie libre de la nappe le long de l'axe du Drâa Djérid, elle est plus importante en bordure des chotts dans la partie captive de la nappe et peut atteindre les 300 mètres comme c'est le cas dans les forages de Chott El Gharsa Nord. Les sables pontiens sont protégés des chotts par une puissante série argileuse du Pontien Supérieur qui peut atteindre 300 à 400 mètres.

* **Piézométrie:** La nappe du Complexe Terminal est captive dans la plupart des régions du Djérid à l'exception le long de l'axe continental du Drâa Djérid et de ce fait elle est artésienne en bordure des chotts El Gharsa et Djérid. La pression en tête des forages du Djérid ne dépasse pas une dizaine de mètres; dans les autres zones le niveau piézométrique des forages est subafleurant ou à quelques mètres au dessous du sol.

Tableau 3. Evolution de niveau piézométrique de la nappe du C.T. (1972-1992)

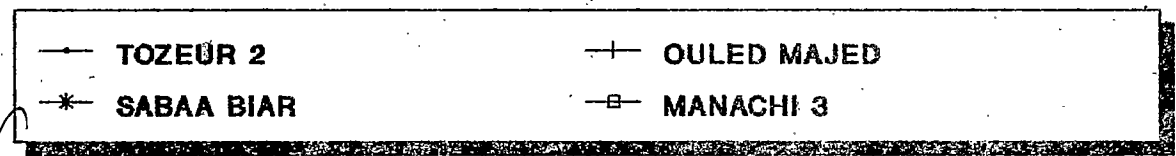
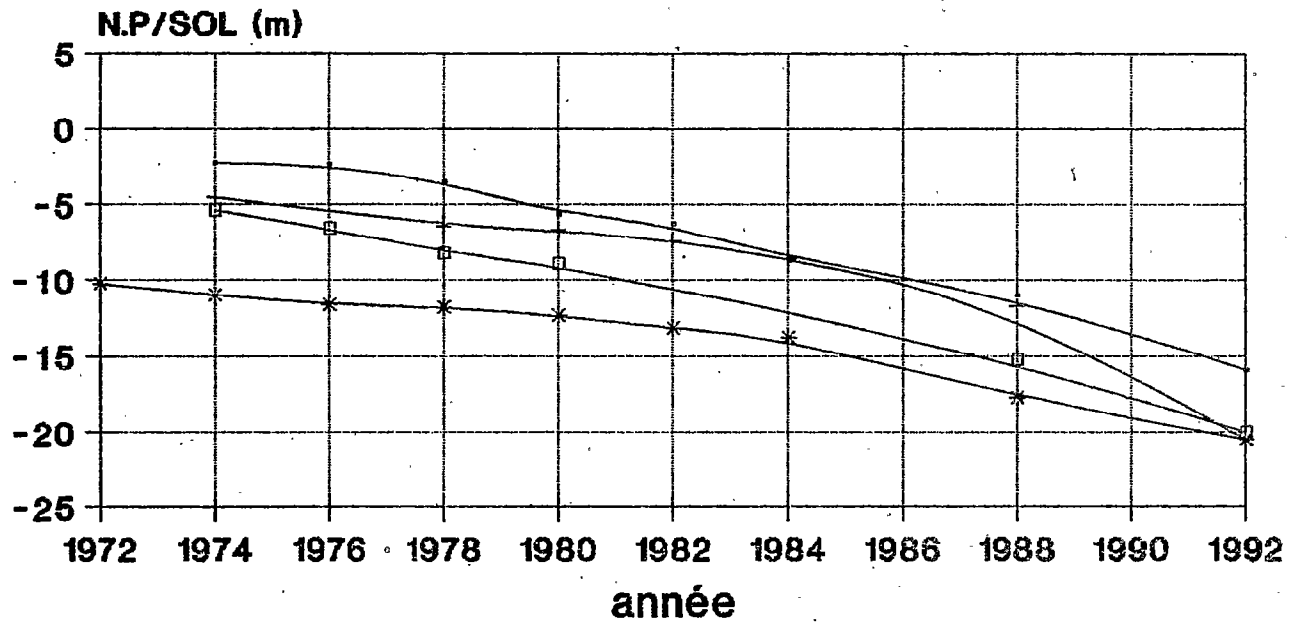
Piézomètre	72	74	76	78	80	82	84	86	88	90	92
Toz. 2		-	2,27	2,39	3,54	5,61	6,19	8,7	-	11	- 15
O. Mejed	-	4,54	-	6,36	6,62	7,32	8,55	-	11,7	-	20,5
S. Abar		10,24	11,01	11,65	11,79	12,35	13,16	13,75	-	17,75	- 20
Menahi 3	-	5,37	6,5	8,2	8,91	-	-	-	15,23	-	20

Le suivi de la piézométrie montre que l'évolution est passée par 2 étapes (Fig.5).

1) Avant 1988, les rabattements étaient faibles et ne dépassaient pas 0,5m/an dans les piézomètres contrôlés.

2) Après 1988, les rabattements atteignent environ 1m/an et ceci est du à la généralisation du pompage et la maximalisation de l'exploitation des ressources de cette nappe depuis cette date.

FIGURE 5 EVOLUTION DE LA PIEZOMETRIE DE LA NAPPE DU C.T (1972 - 1992)



* **Chimie des eaux:** Au Djérid, les teneurs en sels des eaux du CT se répartissent comme suit sauf exception locale:

- 2,5 - 3,5 g/l d'HEZOUA à NEFTA
- 1,5 - 2,5 g/l dans la zone TOZEUR - DEGACHE
- 2 - 6 g/l autour d'EL HAMMA du Djérid
- 6 à 7 g/l à CHEKMOU et à GUIFLA

La reconnaissance hydrogéologique a montré l'inexistence d'un réseau salé dans la région d'EL MAHASSEN où il y a un mélange d'eau douce avec un pourcentage variable d'eau salée provenant du Sénonien. L'eau est généralement de nature sulfatée sodique à chlorurée sodique, les sulfates entre à eux seuls pour environ 40 % du poids de la totalité des sels (Fig. 8,9 et 10). La température de l'eau est de 28° en moyenne, elle est de 32°C dans les forages de 600m du Djérid, cette température atteint 50°C à DHAFRIA où la profondeur des forages atteint 1300 mètres.

* **Ressources et exploitation potentielle:** Le modèle de la nappe du Complexe Terminal a été dressé dans le cadre de l'étude ERESS en 1972 couvrant le Sahara Alegs tunisien. Pour la partie tunisienne, un sous-modèle NEFZAOUA-DJERID a été établie. Le modèle d'ensemble a été réactualisé en 1983 dans le cadre du projet RAB/O8/O11. La simulation finale des prélèvements à exploiter à partir de la nappe du Complexe Terminal a reçu le nom de CT 13. Ces prélèvements évoluent entre 1981 et l'an 2010 de la façon suivante :

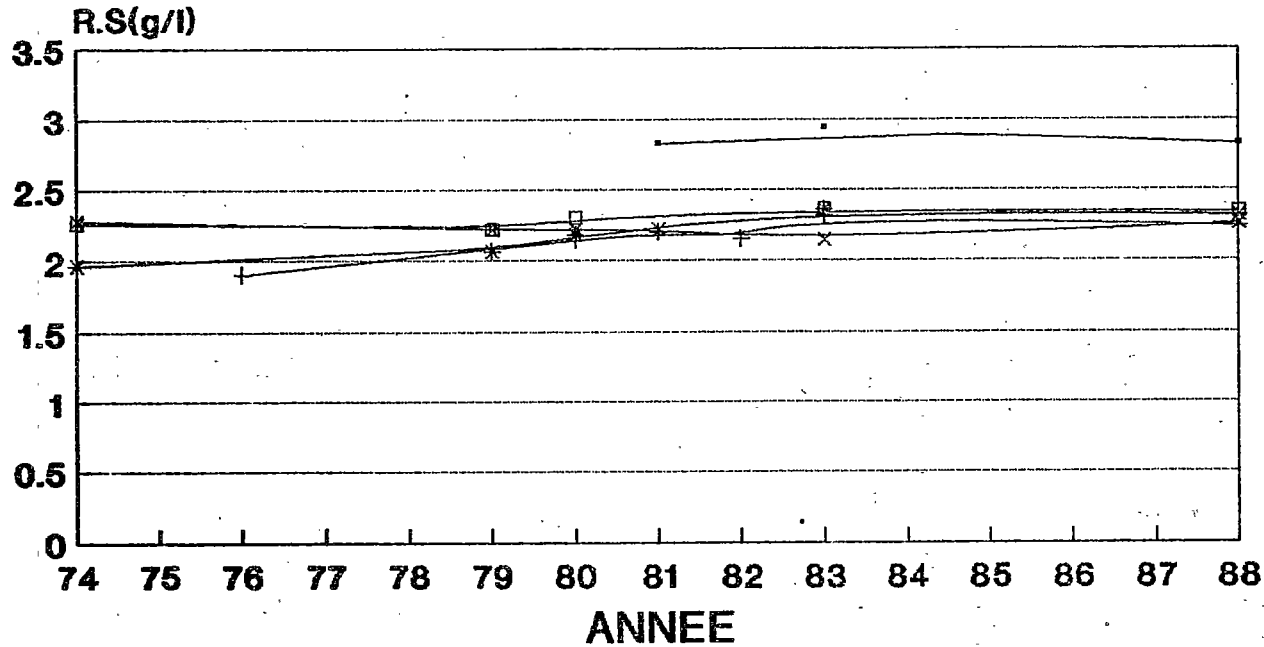
TABLEAU 4. RESULTATS DE LA SIMULATION CT 13.

Prélèvements (en l/s) sur le Complexe Terminal entre 1981 et 2010 (PNUD-1983)

A n n é e		1981	1985	1990	1995	2000	2010
R E G I O N	Nord des Chotts	295	295	295	295	295	295
	Oued Rhir nord	4441	5065	5847	5847	5847	5847
	Souf	664	1032	1618	3116	3718	3718
	Oued Rhir sud	1778	2216	2753	5091	5464	5464
	Wargla	654	1443	2418	2686	2985	2985
	Hassi Messaoued	217	239	269	9902	9940	9940
	Guissi Touil	0	0	0	16000	16000	16000
	Total Algérie	8049	10290	13200	42937	44249	44249
	Djerid	3175	3857	4548	4764	4892	4892
	Nefzaoua	3884	3908	4554	6579	6617	6617
Total Tunisie	7059	7765	9102	11343	11509	11509	
Total Général	15108	18055	22302	54280	55758	55758	

Les rabattements calculés à l'horizon 2000 sont compris entre 20 et 45m au Djérid, entre 10 et 13m à la Nefzaoua. (Fig.11,11 Bis, 12 et 13). Le rabattement calculé est maximum (jusqu'à 60) au Nord de Chott El Gharsa, zone dans laquelle un prélèvement 0,35 m³/s a été prévu.

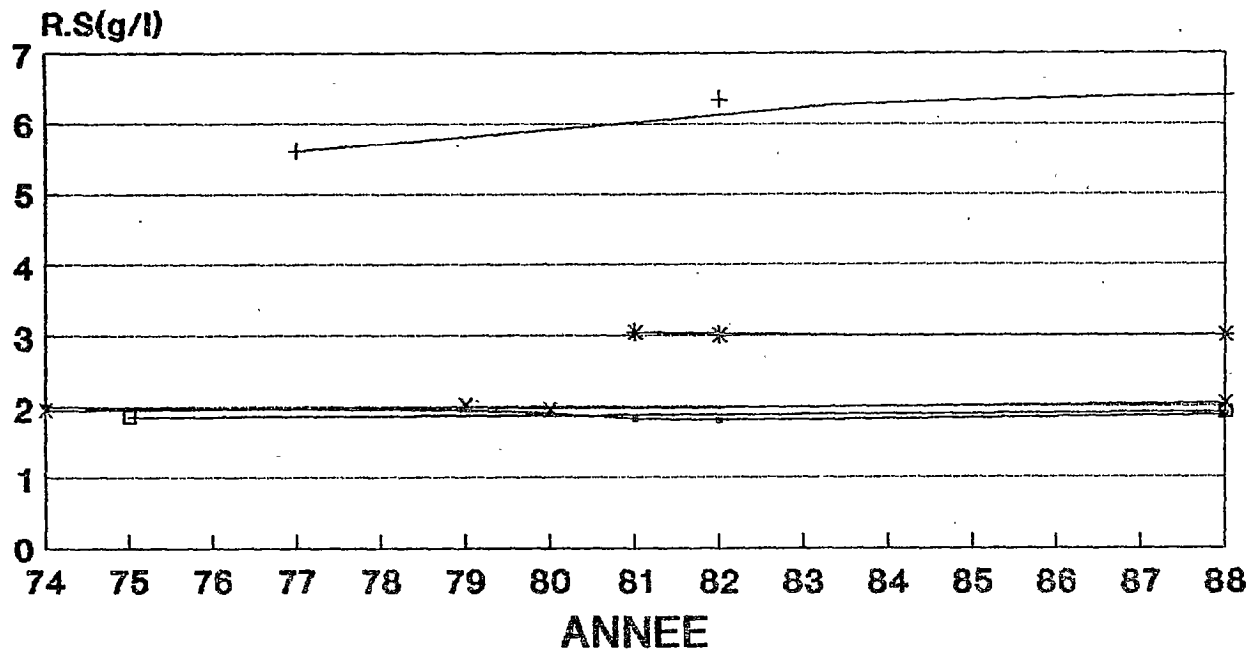
FIGURE 6 SUIVI DE L'EVOLUTION DE LA CHIMIE DES EAUX DES FORAGES DE LA NAPPE DU C.T



—●— TOZEUR 3 —+— TOZEUR 5 —*— TOZEUR 6
 —□— MONCEF 3 —x— MONCEF 4

GRUPE D'OASIS TOZEUR

FIGURE 7 SUIVI DE L'EVOLUTION DE LA CHIMIE DES EAUX DES FORAGES DE LA NAPPE DU C.T



—•— CEDADA 6

—+— CHEKMOU 3

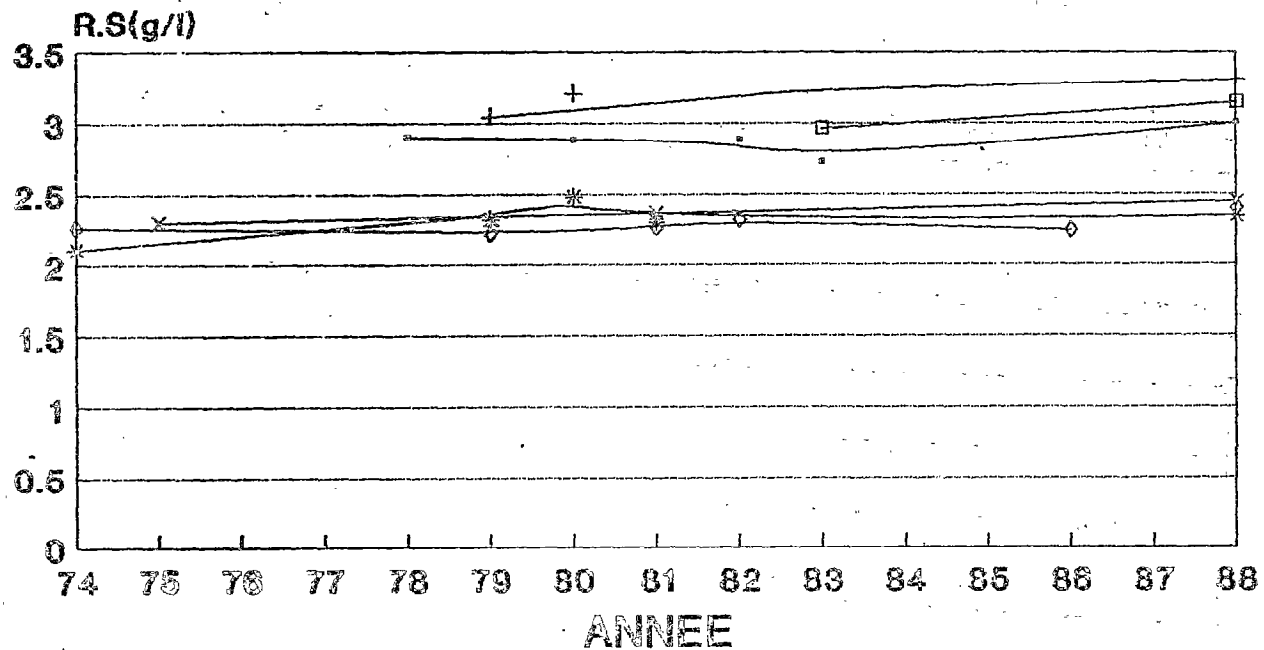
—*— ELHAMMA 13

—□— CCSPS

—x— CASTILIA 4

GRUPE D'OASIS DEGACHE - ELHAMMA

FIGURE 6 SUIVI DE L'EVOLUTION DE LA CHIMIE DES EAUX DES FORAGES DE LA NAPPE DU C.T



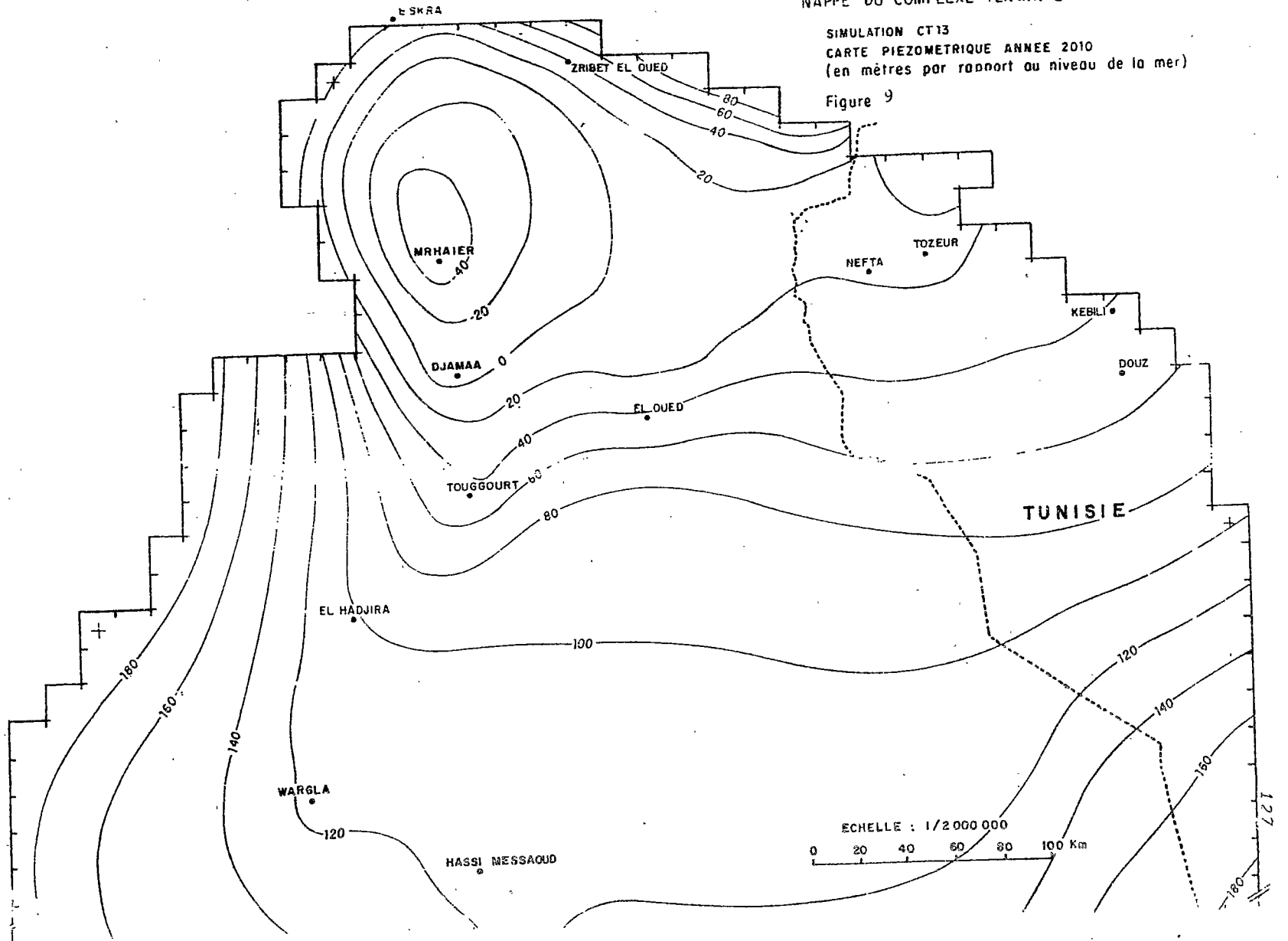
— BIR ELMALEH + ELFAREJ * ZAAFRANA
 — ELFAOUZ * ELMAKMEM ◆ SIF LAKDHAR

GRUPE D'OASIS HAZOUA - NEFTA

NAPPE DU COMPLEXE TERMINAL

SIMULATION CT13
CARTE PIEZOMETRIQUE ANNEE 2010
(en mètres par rapport au niveau de la mer)

Figure 9



MAPPE DU COMPLEXE TERMINAL

SIMULATION CT13
CARTE ISORABATTEMENT 2010/1981

Figure 9 b

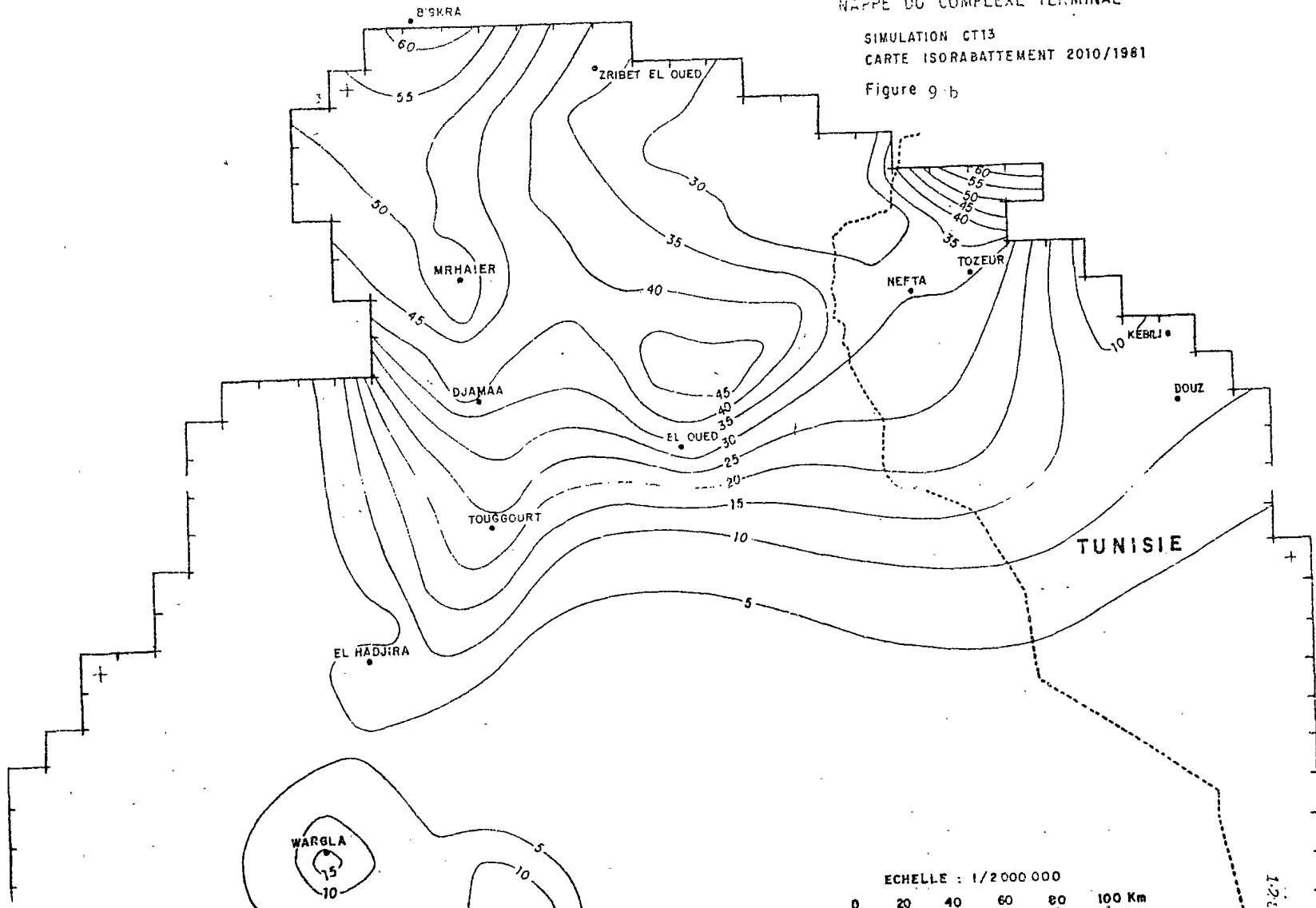


FIGURE 10 §4
Piézométrie 2010

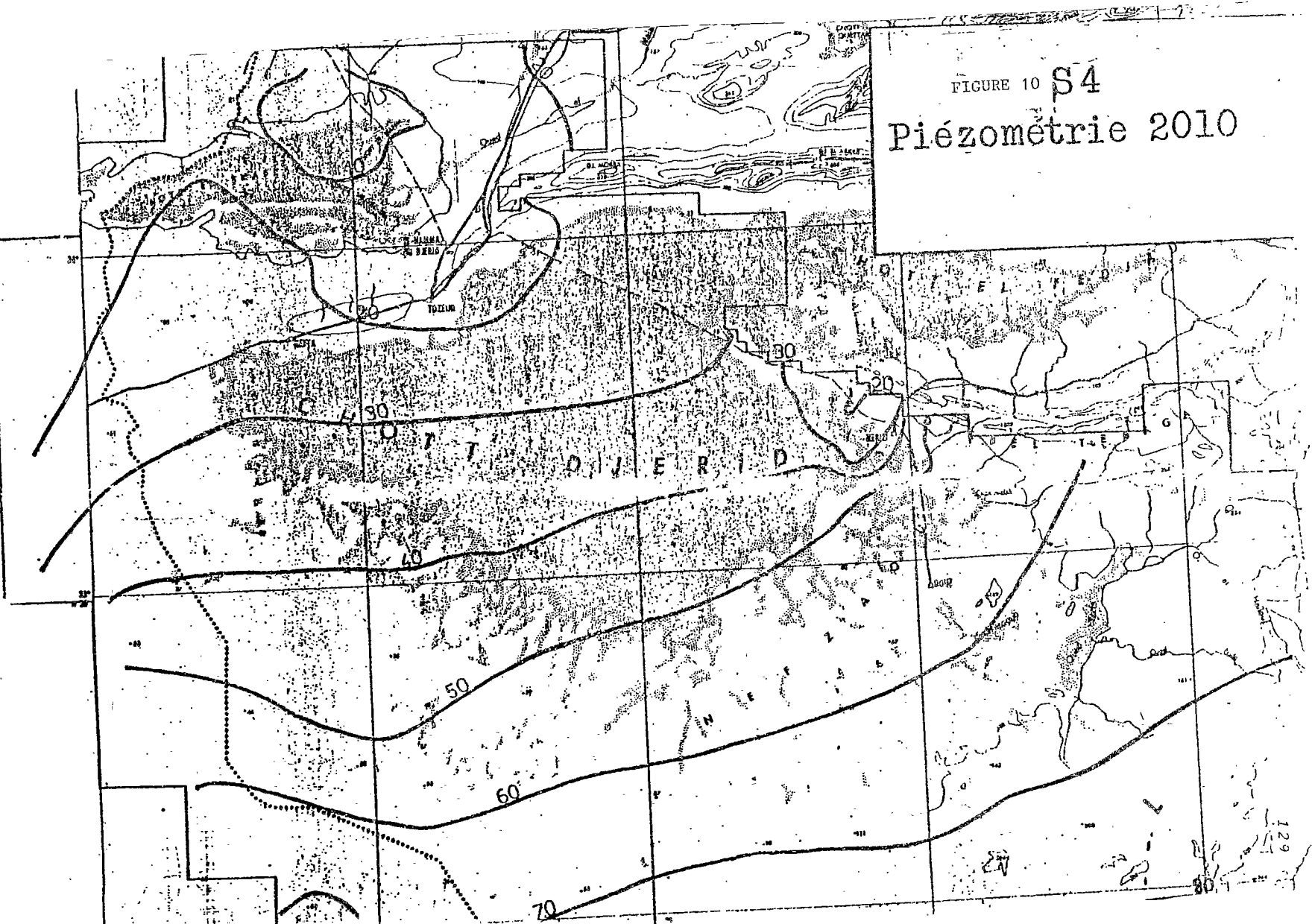


FIGURE 11 S 4
Rabattements
1980-2010

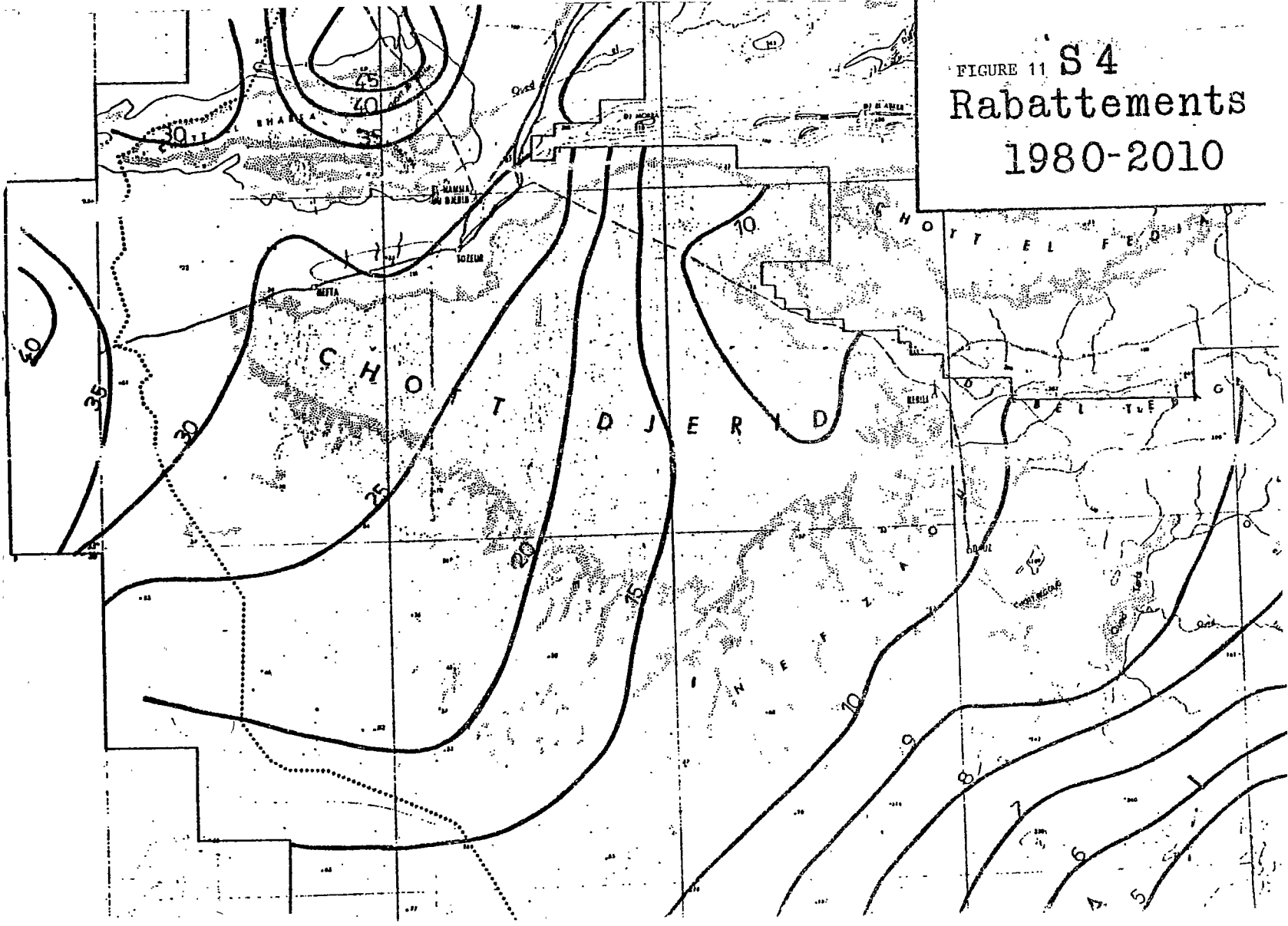


TABLEAU 5. NAPPE DU COMPLEXE TERMINAL-
RESULTATS DE LA SIMULATION CT 13 (PNUD, 1983).

D J E R I D	Hazoua	30 à 40	4 à 13 m au dessous du sol	
	Nefta-Tozeur	22 à 43	21 à 45 m au dessus du sol	
	N. Chott El Gharsa	42 à 56	36 à 60 m au dessus du sol	
N E F Z A O U A	SO. du Chott Djerid	12 à 27	2 à 13 m de pression	13 à 21 m au dessus du Chott
	Douz-Sabria	11 à 13	de 10 m au dessous du sol à 13 m de pression	13 à 21 m au dessus du Chott
	Kebili	9 à 11	de 5 m au dessous du sol à 3 m de pression	13 à 21 m au dessus du Chott

Les contraintes adoptées dans les simulations de 1970, ont été retenus lors de la réactualisation du modèle d'ensemble et du nouveau sous-modèle NEFZAOUA-DJERID (1984) à savoir :

* La charge hydraulique ne doit pas être, en aucun point voisin du Chott, inférieure à la côte du Chott afin de réduire les risques de contamination par les eaux salées du Chott.

* La profondeur maximale de la surface piézométrique ne doit pas dépasser 60 m sous le niveau du sol pour garantir des conditions d'exploitation économiquement acceptables.

TABLEAU 6. RESULTATS DE LA SIMULATION S4-DEBITS PAR ZONE DE
PRELEVEMENT (Armines, Enit 1984)

A n n é e		Prélèvements (l/s)			
		1983	1985	1990	1995
R E G I O N	Chott El Gharsa Nord	0	0	350	350
	Pont Guifla Oued Shili	205	300	300	300
	El Hamma	458	504	504	504
	El Ouediene	797	866	866	866
	Draa Nord	317	816	816	816
	Tozeur	714	876	876	876
	Nefta	357	421	421	421
	Hazoua	267	738	738	738
	Total Djerid	3115	4521	4871	4871

TABLEAU 7. RESULTATS DE LA SIMULATION S4-
PIEZOMETRIE 2010 ET RABATTEMENTS 1981/2010 (ARMINES, ENIT 1984)

ZONES DU DJERID	Altitudes N.P en 2010 (m)	Rabattement 2010/1981 (m)
Chott El Gharsa Nord	1-9	40-52
Pont Guifla Cued Shili	14-16	33-39
El Hamma	15	28-32
El Ouediene	15-20	23-29
Draa Nord	16-23	29-31
Tozeur	17-22	28-30
Nefta	18-25	29
Hazoua	24-29	31-34

Le modèle indique que la zone de prélèvements dans le Djérid est ceinturée par l'isopièze + 20 m, le creux piézométrique serait maximum dans la région de Chott El Gharsa.

* **L'exploitation actuelle:** Au Djérid, l'exploitation connaît une progression non négligeable depuis 1980, destinée au comblement de déficit des oasis existantes et à l'alimentation des périmètres nouvellement créés. (Tab.8, Fig. 12 et 13).

Tableau 8. EVOLUTION DE L'EXPLOITATION DE LA NAPPE DU C.T. DU DJERID DEPUIS 1972.

Année	1972	1975	1982	1987	1992
Exploitation l/s	2010	2612	3159	3840	4320

Il existe actuellement 134 forages exploitant cette nappe, la majorité par pompage. Ils sont équipés d'électropompes. Le débit moyen varie entre 40 et 70 l/s. La durée de pompage varie de 20 à 24 heures par jour. Les différents utilisateurs sont : les A.I.C., le Ministère de l'Agriculture, la SODAD, les Sociétés Civiles de Mise en Valeur, la SONEDE, la C.P.G. et quelques autres.

2. LA NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE

Au Djérid le Continental Intercalaire se développe dans le Crétacé inférieur débutant au toit du Jurassique et se termine avec les dolomies de l'Aptien ou du Cénomanién. (Fig.14, 15 et 16). Le C.I. du Djérid se présente sous forme d'une seule série detrique avec des séries sableuses plus ou moins développées inter-coupées de petites séquences argileuses dont l'épaisseur varie entre 80 et 150 m, cet ensemble vient à la suite d'une grande masse d'argile qui surmonte le Jurassique. Il est à remarquer que des niveaux gypseux plus profonds ont été rencontrés aux forages NEFTA CI 2 (N°BIRH. 19227-2646 m) mais dont les caractéristiques ne diffèrent pas de ceux rencontrées plus haut.

* **Piézométrie et débit de forages :** La pression en tête des forages était supérieure à + 100 m d'eau au dessus du sol dans la quasi-totalité des forages au sommet de leur mise en eau, mais ces pressions ne sont pas maintenues: une chute rapide a eu lieu dans les premières années qui ont suivi l'exploitation des forages. (Fig.17 et Tab.9).

Tableau 9. PRESSION EN TETE DES FORAGES CAPTANT LE CONTINENTAL INTERCALAIRE DU DJERID

Forage	NCH1	NCH2	TCH1	TCH2	TCH3	HCH1	HCH2	HCH3	DCH1	DCH2	ECI3
Année de 1983 réalisation	1984	1984	1985	1985	1985	1985	1986	1983	1984	1985	
Pression/TN au départ	137,3	133,3	98	115,9	114	117,8	127,4	135,3		138,2	140,4
Pression/TN 1992	8	6,5	6,5		4	38	34	38	-	0	43

Les débits artésiens des forages ont suivi la même évolution que celle de la piézométrie. En effet, les forages captant la nappe du Continental Intercalaire du Djérid ont enregistré depuis la mise de leur exploitation des baisses notables de leurs débits artésiens, cette baisse a été brutale au départ pour devenir plus lente ces dernières années (Tab.10). Dans la région d'El Hamma - Degache, la baisse observée a été moins spectaculaire que celle enregistrée à Tozeur -Nefta.

FIGURE 12 EVOLUTION D'EXPLOITATION DE LA NAPPE
DU C.T (1972 -1992)

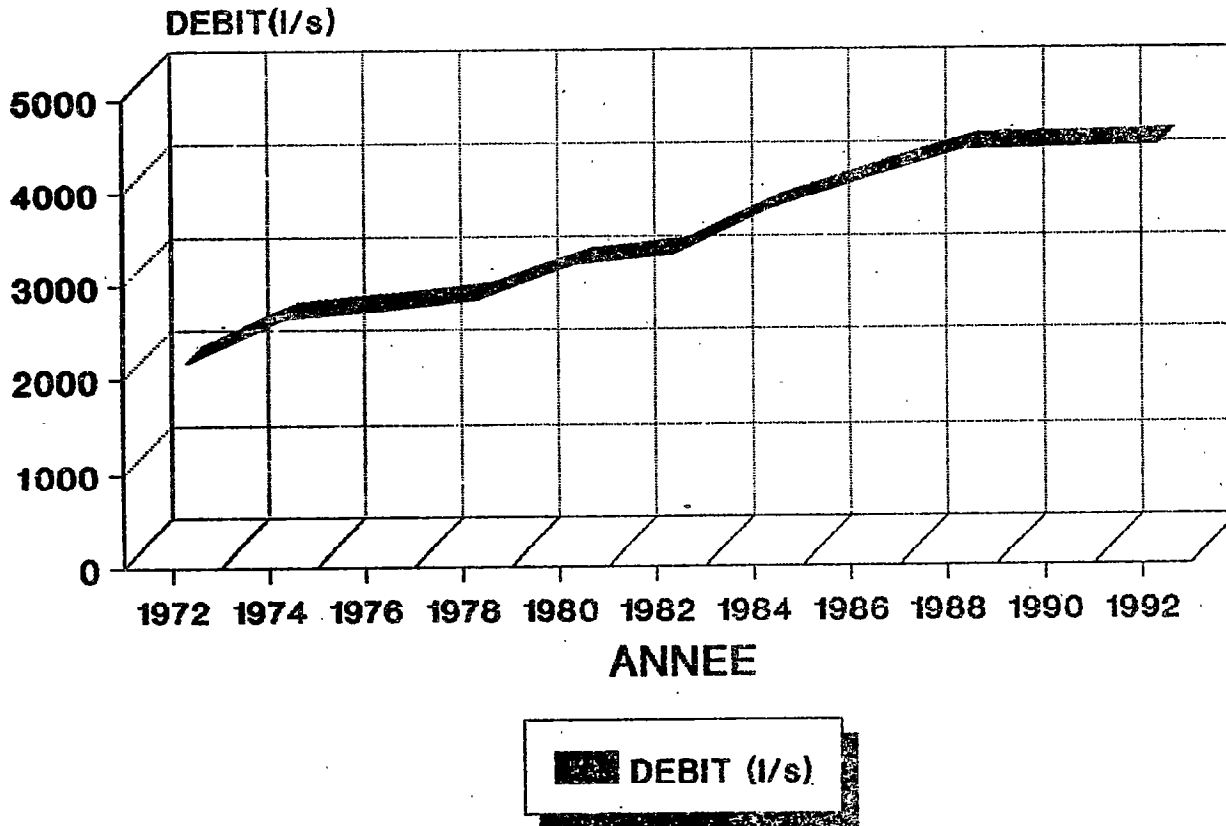
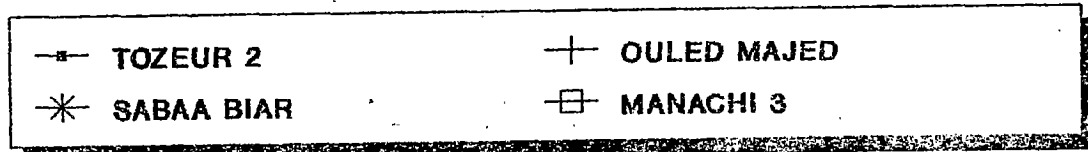
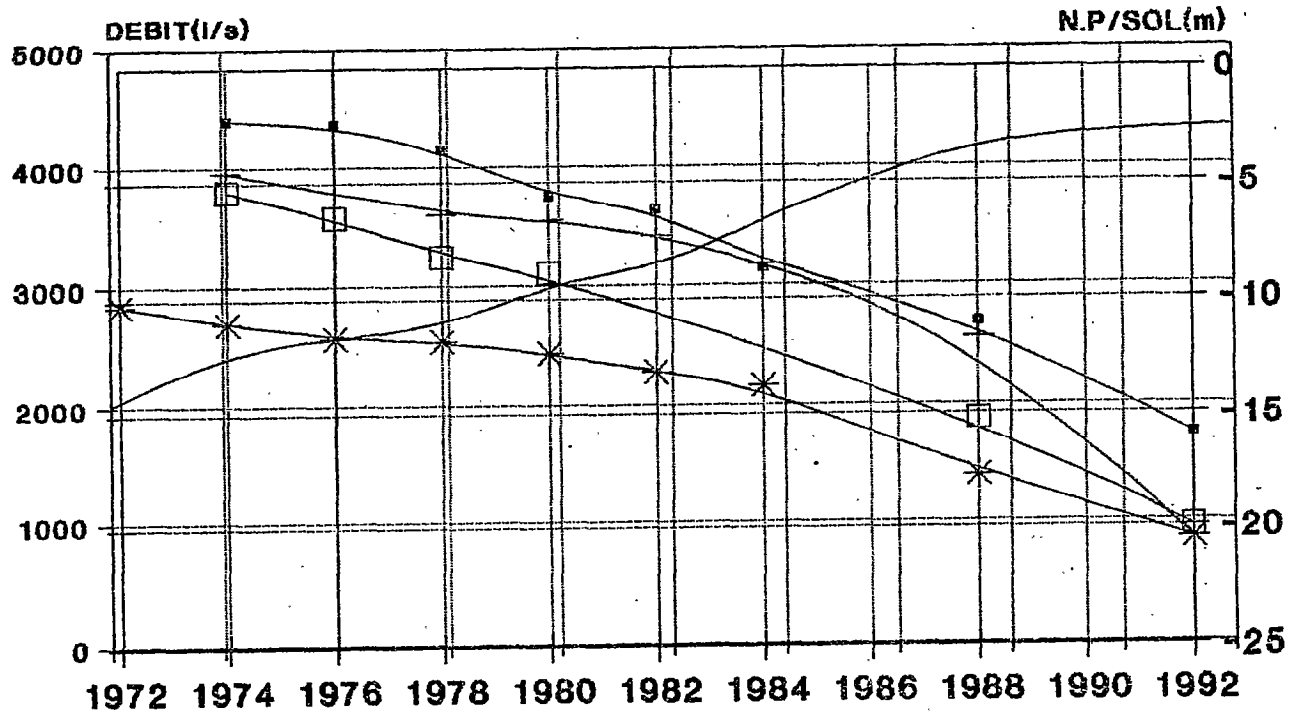
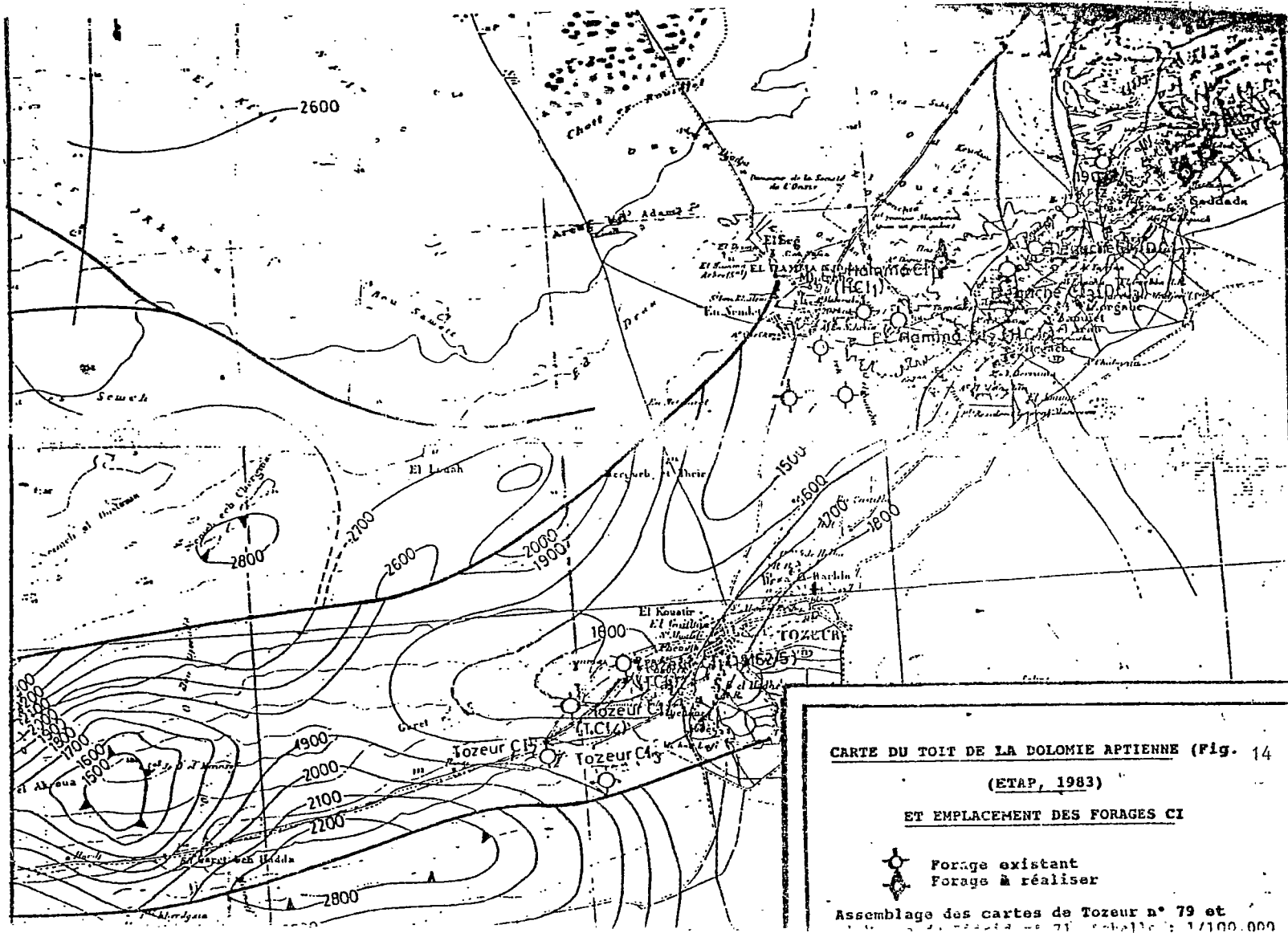


FIGURE 13 EVOLUTION DE L'EXPLOITATION ET DE LA PIEZOMETRIE DE LA NAPPE DU C.T (1972-1992)





**COUPE DU TOIT DE LA FORMATION
ORBATA** (Fig. 15)

Formis réticulé
(MELL TUMBEK 1950)

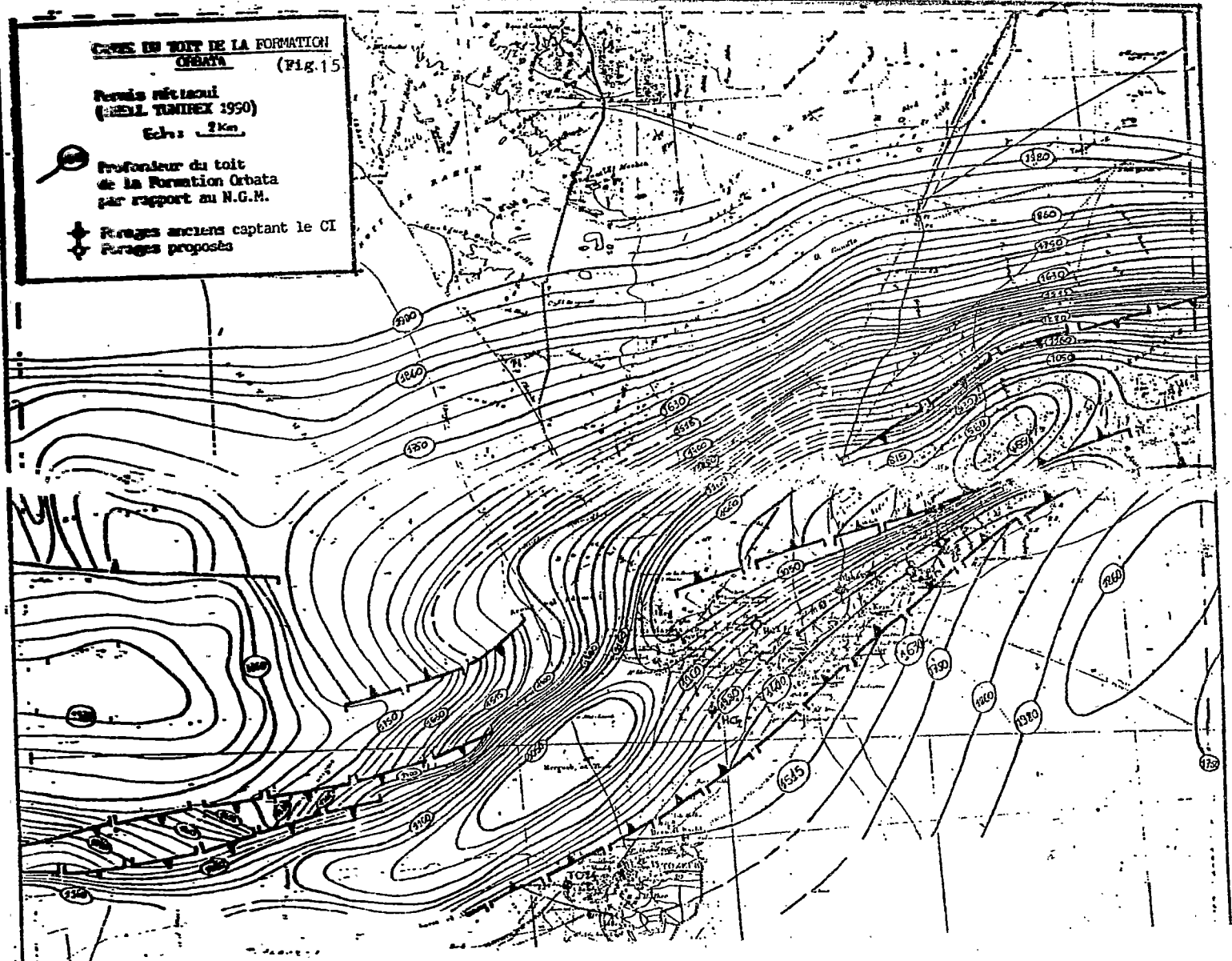
Ech. 1:2 Km.



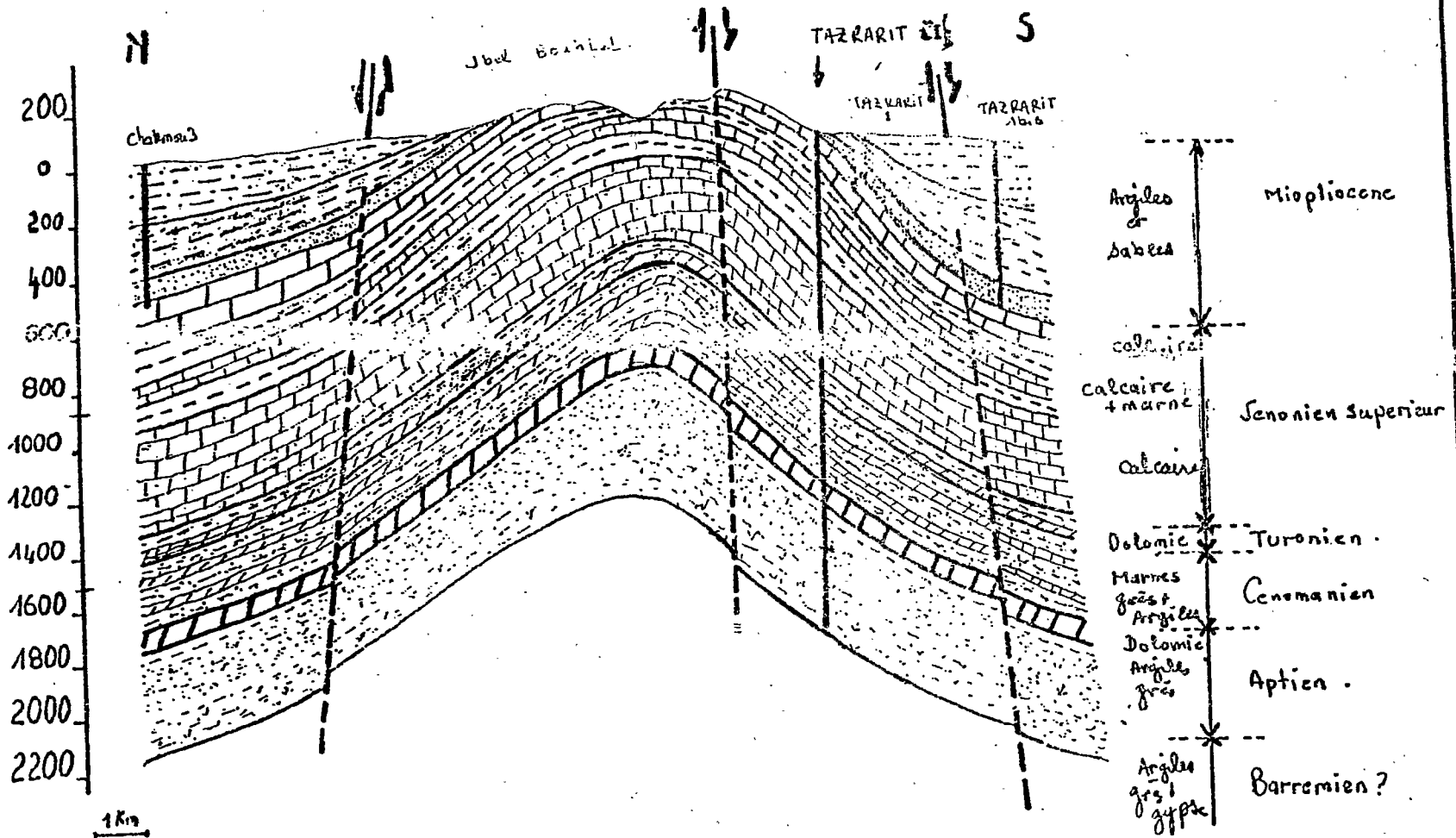
Profondeur du toit
de la Formation Orbata
par rapport au N.G.M.



Puits anciens captant le CI
Puits proposés



COUPE GEOLOGIQUE DE JBEL BOUHLEL
 (CHAKMOU --TAZRARIT) (Fig.16)



EVOLUTION DU NIVEAU PIEZOMETRIQUE/SOL
1985-1990 (FIGURE 17)

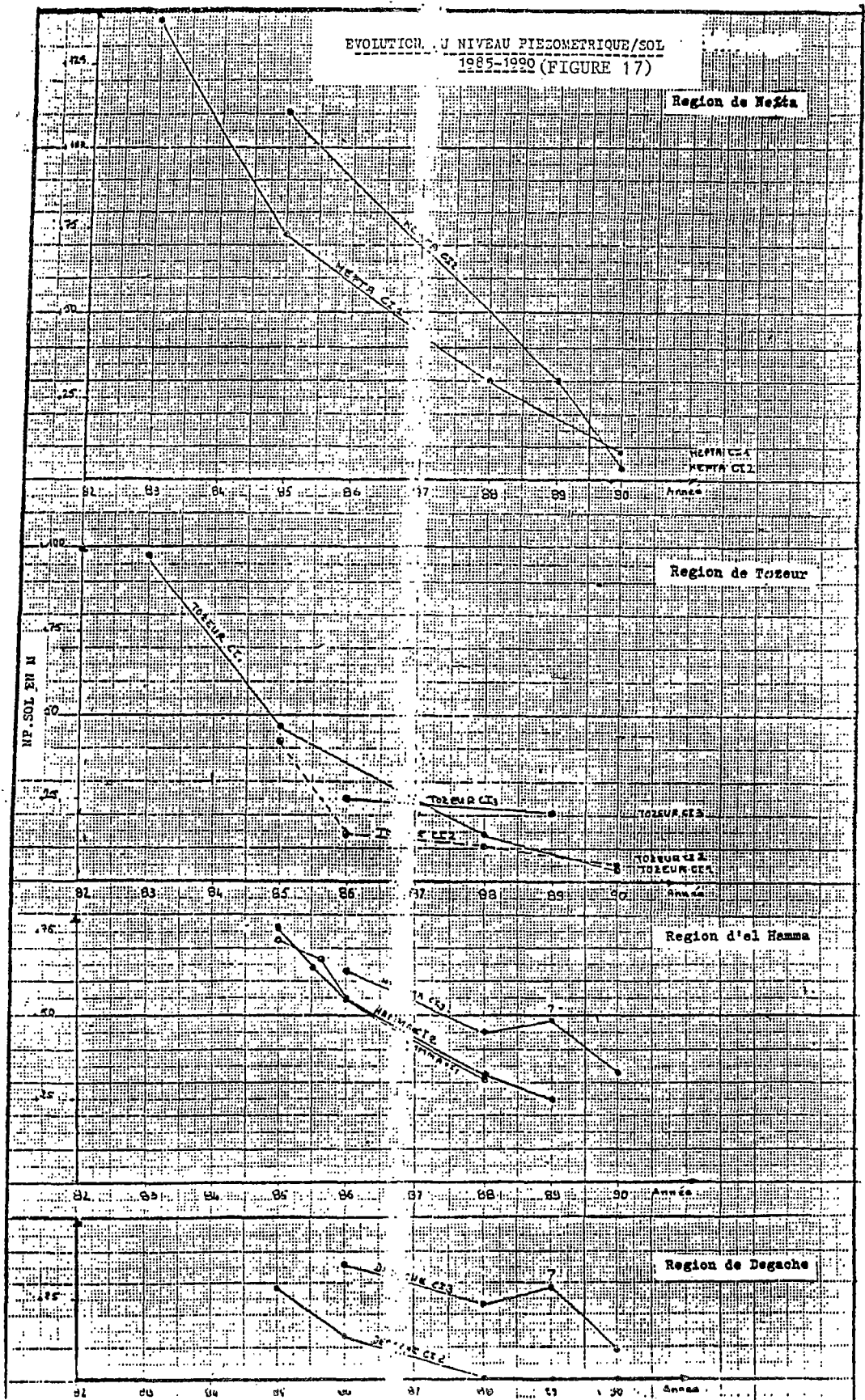


TABLEAU 10. EVOLUTION DES DEBITS DES FORAGES C.I.

Forage Année de réalisation	NCI1 1983	NCI2 1984	TCI1 1984	TCI2 1985	TCI3 1985	HCI1 1985	HCI2 1985	HCI3 1986	DCI1 1983	DCI2 1984	ECI3 1985
Débit l/s au départ	65	25	70	41	19	70	69	55	70	25	64
Débit l/s 1992	9	12	9	6	10	37,5	30	32	27	0	33,5

* **Chimie et température:** Dans la partie Tozeur-Nefta, le R.S. varie entre 3 et 4 g/l. Dans la région d'El Hamma, les eaux des forages ont une salinité de 2,5 g/l et s'approche d'avantage de la région de Dégache dont la salinité n'a jamais dépassé 2,3 g/l (Fig.18). La température de l'eau varie entre 67° et 76°C.

* **Ressources en eau et exploitation :** L'exploitation de la nappe du Continental Intercalaire au niveau du Djérid a été présenté comme appoint à la nappe du Complexe terminal qui est moins profonde et plus facile à exploiter. Le modèle d'ensemble de la nappe du Continental Intercalaire, établi dans le cadre du projet de l'étude des Ressources en eau du Sahara Septentrional (1972), a alloué un débit de l'ordre de 900 l/s, exploitable à partir de cette nappe au Djérid. L'actualisation de ce modèle, dans le cadre du projet RAB/80 en 1983, a fixé le débit exploitable à partir de cette nappe à 1000l/s (Tab.11).

TABLEAU 11. PRELEVEMENT (L/S) PREVU SUR LA NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE ENTRE 1981 ET 2010 (Simulation CI 8).

A n n e e	1981	1985	1990	1995	2000	2010
Nord des Chotts	360	490	510	560	560	560
Oued Rhir Nord	854	1364	1983	2002	2030	2030
Souf	570	840	1392	1475	1586	1586
Oued Rhir Sud	0	0	900	900	900	900
Wargla	810	742	932	1016	1131	1131
Hassi Messaoud	278	960	968	1381	1209	1209
Guissi Touil	0	0	0	1200	1200	1200
Ghardaia	1156	1808	2840	3617	4684	4684
Guettara	80	85	92	110	132	132
El Menia	541	895	1359	1750	2181	2181
Gourrara	947	1214	1528	1695	1880	1880
Touat Tididelt	2516	3208	4072	4519	5028	5028
Ain Salah	690	887	1135	1260	1401	1401
Total Algérie	8802	12493	17711	21485	23922	23922
Djérid	0	280	840	1000	1000	1000
Néftaoua	193	695	1970	2170	2220	2220
l'extrême sud	259	483	1021	1521	1521	1521
Total Tunisie	452	1458	3831	4691	4741	4741
Total Général	9254	13951	21542	26176	28663	28663

L'application des prélèvements de la simulation CI 8 exposés dans le tableau précédent aura dans le Sud Tunisien les conséquences suivantes sur le rabattement et le niveau piézométrique (Tab.12):

FIGURE 18 EVOLUTION DE LA CHIMIE DES EAUX DU CI DE DJERID

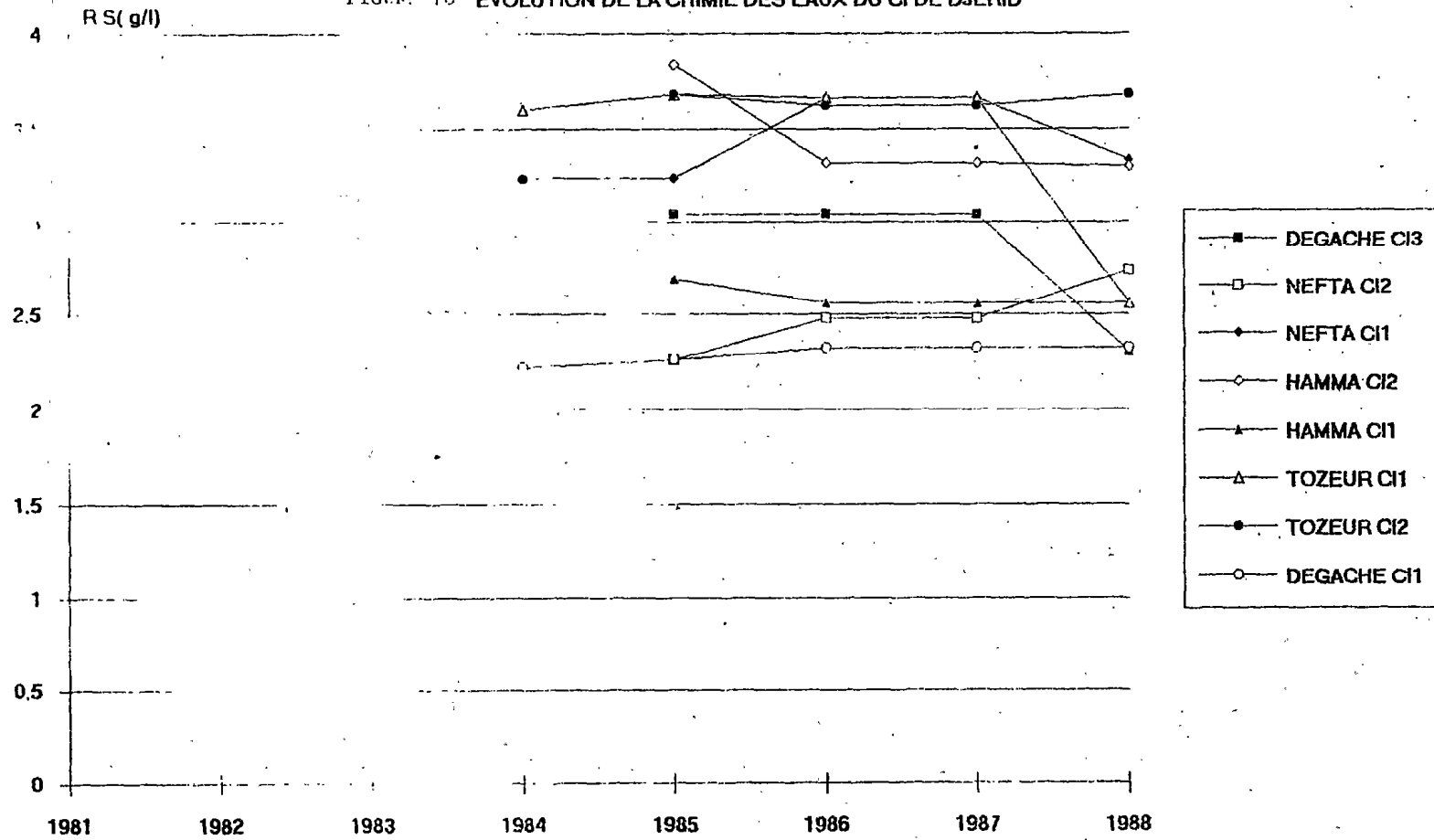


TABLEAU 12. RESULTATS DE LA SIMULATION C18
DANS LE SUD TUNISIEN (PNUD - 1983)

Régions		Rabattement 2010/1981 (m)	Niveau piezométrique 2010/TN (m)
Djérid		101 à 106	64 à 101 m de pression
Néfzaoua	Néfzaoua Ch. Fjej	66 à 69 40 à 58	74 m de pression 65 à 58 m de pression
Extrême Sud	Zone orient Zone occ.	23 à 30 15 à 44	49 à 51 m au dessous du sol 22 à 27 m au dessous du sol

Ce sont donc des rabattements de l'ordre de 101 à 106m qui seraient à atteindre à l'an 2010 au Djérid. les rabattements seraient moins accentués dans la NEFZAOUA (66 à 69 m), (Fig.19 et 19bis). En se référant à la piezométrie du Djérid, ces rabattements se traduisent par la disparition totale de l'artésianisme et la descente du niveau piezométrique de 30 à 50 m sous la surface du sol, c'est pourquoi il existe actuellement 14 forages captant cette nappe, dont 3 encore non exploités et 1 dont l'artésianisme a disparu; 2 parmi les 10 forages exploités sont équipés d'électropompes et exploités à un débit de 30l/s chacun (Fig.20). Le débit a évolué de 58 l/s en f.c. en 1982 à 263 l/s en 1992 (Tab.13).

TABLEAU 13. EVOLUTION DE L'EXPLOITATION DES FORAGES C.I.

année	1982	1983	1984	1985	1986	1988	1992
Exploitation l/s	58	82	145	370	274	274	263

IV. LA NAPPE PHREATIQUE

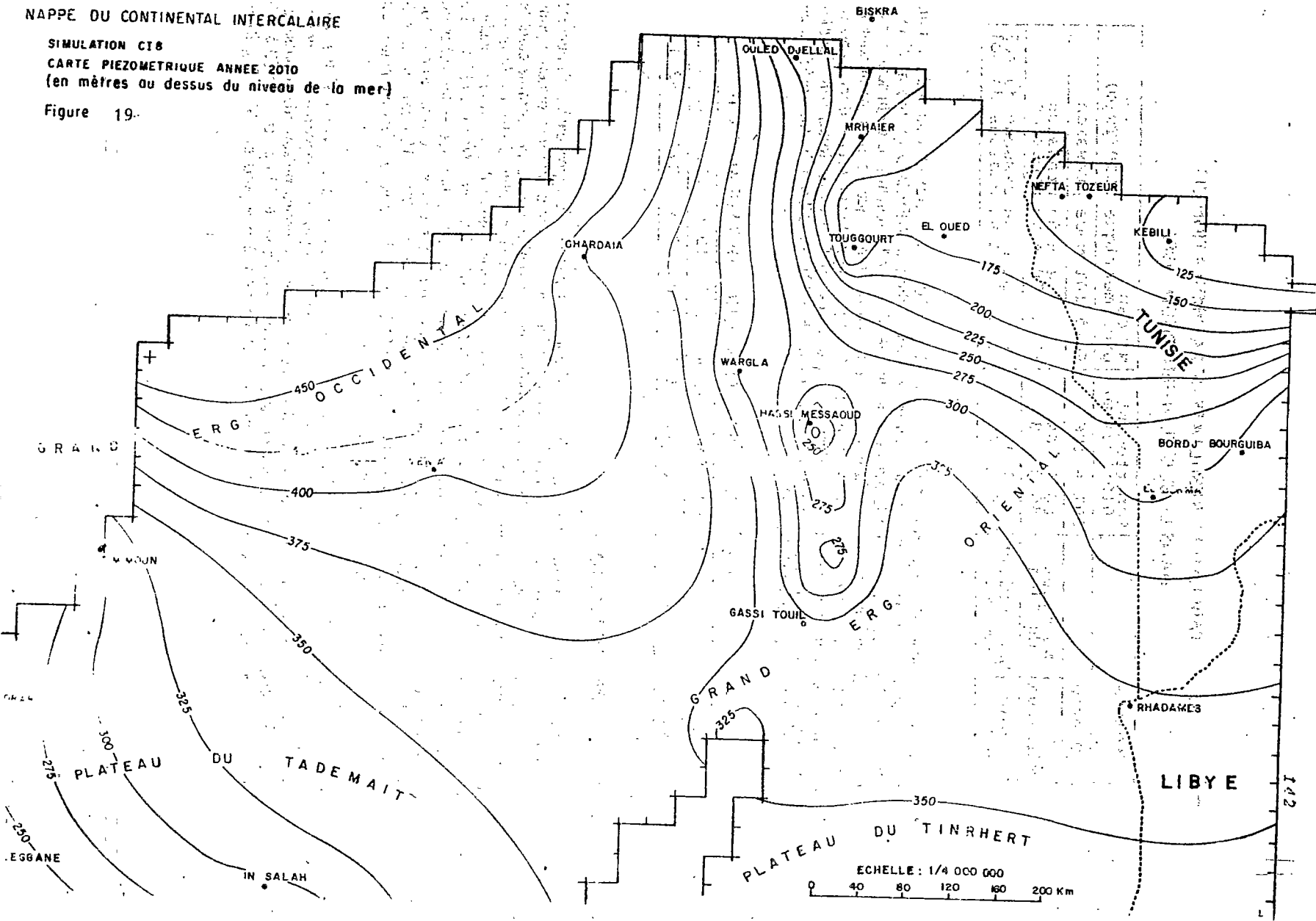
Les nappes phréatiques des oasis du Djérid sont des nappes de types oasis, alimentées essentiellement par le surplus d'eau d'irrigation qui s'infiltre à travers la couverture sableuse pour constituer un plan d'eau retenu par les argiles Miopliocène. On définit ces nappes comme étant le premier aquifère rencontré et appartenant au Plio-quaternaire et susceptible d'être exploité par puits. Cette nappe est captée dans toutes les oasis du Djérid, nouvelles et traditionnelles (HEZAOUA-NEFTA-TOZEUR-DEGACHE-El HAMMA-CHEMSA et NEFLAYET). Le problème relatif à cette nappe se rapporte à la chimie des eaux; en effet, dans toutes les zones où on la capte, la salinité atteint 3 g/l et dépasse 9 g/l à proximité des chotts. Le réservoir est de nature sableuse, son épaisseur est maximale en bordure des chotts (70 à 100 m), il décroît progressivement en direction de l'anticlinal du Drâa Djérid. Le niveau piezométrique est subafleurant à quelques mètres au dessous du sol.

Ressources et exploitation: Les ressources de cette nappe sont évaluées à environ 450l/s pour toutes les oasis, provenant essentiellement du surplus d'eau d'irrigation. L'exploitation a connu une progression non négligeable comme complément d'eau des parcelles puisqu'elle a passé de 161 l/s en 1980 à 568 l/s en 1990. Le nombre total des puits est passé de 145 puits en 1980 à 872 en 1990, le nombre des puits équipés a progressé de 70 en 1980 à 619 puits en 1990 (Fig.21 e Tab.14).

NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE

SIMULATION C18
CARTE PIEZOMETRIQUE ANNEE 2010
(en mètres au dessus du niveau de la mer)

Figure 19.

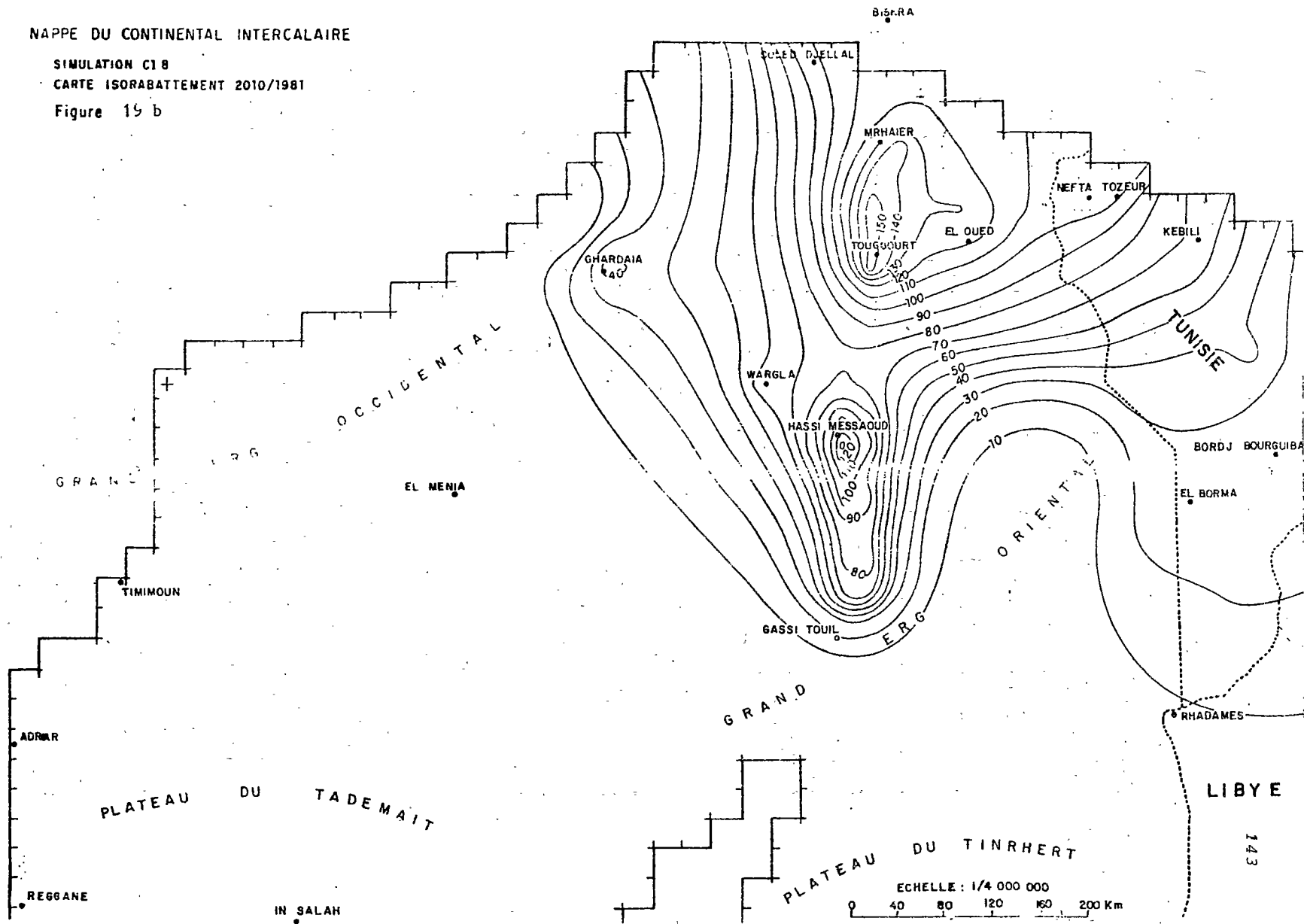


NAPPE DU CONTINENTAL INTERCALAIRE

SIMULATION C18

CARTE ISORABATTEMENT 2010/1981

Figure 19 b



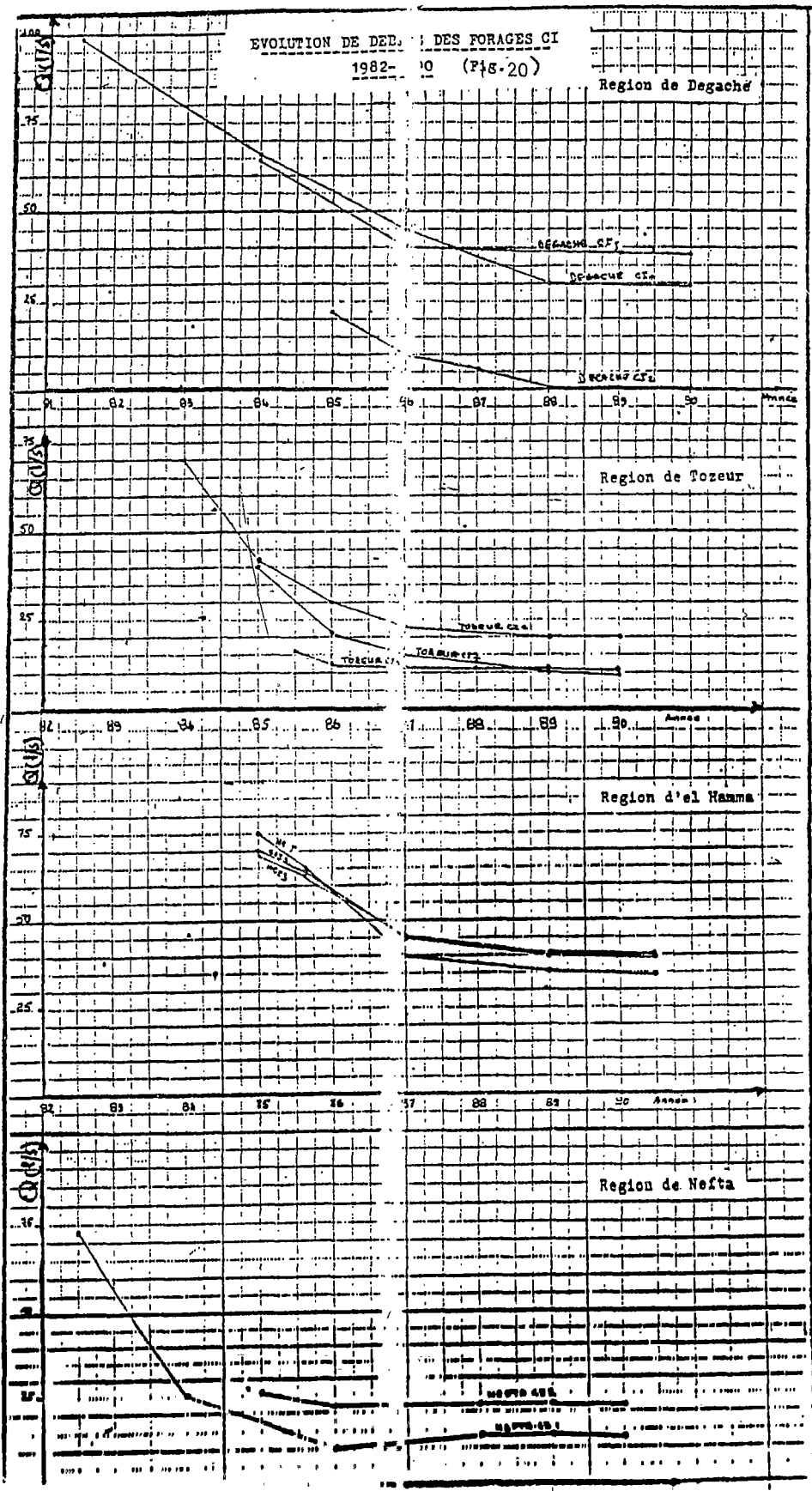
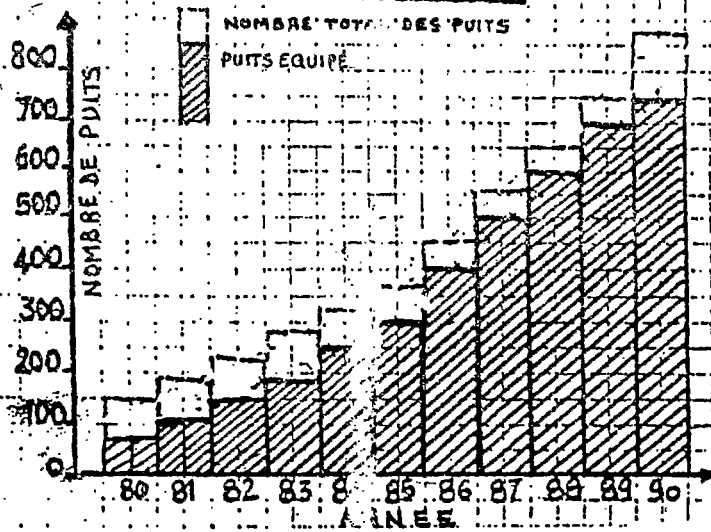


Figure N° 2: Evolution du nombre de puits et de
l'exploitation des oasis du Djérid

Evolution du nombre total des puits
et des puits équipés



Evolution du Bilan des ressources
et de l'exploitation

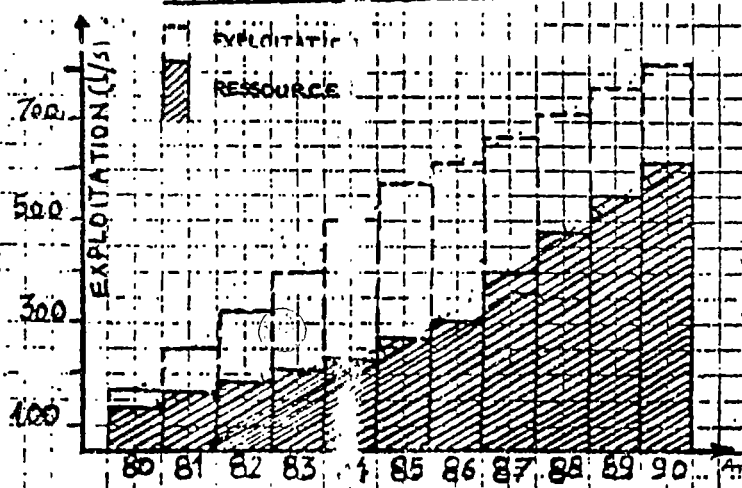


TABLEAU 14. SITUATION DE L'EXPLOITATION
DES NAPPES PHREATIQUES DU DJERID 1990.

Nappe	Total puits	Puits équipés			Puits utilisés abandonnés	Puits en cours	Exp. Mm3/an	Ress. Mm3/an	R.S g/l
		G.E	G.D	Dalou					
Nom									
Tamerza	20	14	4	0	2	0	0,57	0,63	1,5-2,5
Chott Garsa	44	0	24	2	18	0	0,76	4,7	4,5-5
Oasis Djérid	808	134	591	0	71	12	22,9	14,3	4-6
Total	872	148	619	2	91	12	24,3	19,6	

Année inventaire: 90 pour Tamerza, 86 pour Chott Gharsa et 89/90 pour les Oasis du Djérid.

III. BILAN DES NAPPES DU DJERID

TABLEAU 15. BILAN DES NAPPES PROFONDES 1992.

Super- (ha)	Ressources Exploitable (l/s)					Nbre de Forages				Exploita- tion l/s
	C.T	C.I	Ch.Gharsa	P.Q	Tamerza	C.T	C.I	P.Q	Autres	
7076										*C.T=4340 *C.I=263 *P.Q=0 *Tam.=120
	4500	600	150	150	120	134	14	7	3	Tot.=4839
										Ress. disponib. = 631 l/s

BIBLIOGRAPHIE

- ABIDI B.: Cartes des ressources en eau souterraine de la Tunisie. Feuille de Tozeur N° 21 Echelle 1/1000.000- Janvier 1987-DGRE TUNIS.
- ABIDI B.: Nappe phréatique des oasis du Djérid- Mai 1991- DGRE. Tunis
- ABIDI B.: Note hydrogéologique de la zone de Ras El Ain de Tozeur. Septembre 1992. DGRE Tunis.
- ABIDI B., SAHLI A.: Note de reconnaissance de la nappe du Continental Intercalaire du Djérid dans la région El Hamma-Dégache. Juin 1992. DGRE Tunis.
- MAMOU A.: La nappe du Continental Intercalaire du Djérid. Avril 1985. DGRE Tunis.
- U.N.E.S.C.O.: Etude des ressources en eau du Sahara Septentrional. UNESCO Paris.
- P.N.U.D.: Actualisation de l'étude des ressources en eau du Sahara Septentrional. PNUD Tunis, 1983.
- ARMINES et ENIT: Modèle mathématique du Complexe Terminal NEFZAOUA-DJERID, Ministère de l'Agriculture. TUNISIE, 1984, 4 tomes.
- PENET P.: Tableau de l'oasis de Tozeur 1932.
- Congrès de l'Hydraulique Agricole du 27 Mars 1932: La question de l'hydraulique agricole - Régence de Tunis - Direction Générale de l'Agriculture et du Commerce.

EVOLUTION DE LA PIEZOMETRIE DANS LES NAPPES DANS LA DJEFFARA DE GABES ET SA CONSEQUENCE SUR LA QUALITE DES EAUX (1973-1993)

BEN MARZOUK Mabrouk (*)

(*): Arrondissement R.E. de Gabès.

Résumé: La surveillance des nappes dans le Gouvernorat de Gabès depuis deux décennies (1973-1993) s'effectuant à l'échelle mensuelle pour certains points d'eau, trimestrielle et semestrielle pour d'autres (période hivernale et estivale), est destinée à permettre la bonne gestion de ces ressources. En effet, cette surveillance permet de contrôler les fluctuations des pressions et des niveaux d'eau au cours du temps, et de connaître la conséquence de ces fluctuations en fonction de l'exploitation et de la pluviométrie sur l'évolution qualitative des nappes. Le suivi au cours de cette vingtaine d'années a montré que les nappes profondes dans toute la plaine de la Dj Jeffara à Gabès Nord, El Hamma-Chenchou, au Chott Fedjej et à Gabès Sud, accusent toutes une baisse généralisée de leur niveau piézométrique. Cette baisse est jugée résulter de l'effet conjugué d'une part de l'augmentation, modérée, de l'exploitation et d'autre part de l'effet de la succession prolongée d'années de sécheresse. La moyenne annuelle de cette baisse au cours de la période 1973-1993 dans la nappe de la Dj Jeffara, reste conforme aux prévisions. Elle est de l'ordre de 0,4m à Gabès Nord, 0,55m à Gabès Sud et 0,35m à El Hamma-Chenchou. Cependant la baisse annuelle observée dans la nappe du C.I. au Chott Fedjej est considérable et atteint les 2 m/an. La qualité chimique de l'eau (essentiellement la teneur en minéraux) n'a pas montré de variation importante et significative malgré cette baisse des niveaux. Elle est de 2,6 g/l à Gabès Sud, entre 3,2 et 3,5 g/l à Gabès Nord et El Hamma-Chenchou et reste autour de 3 g/l au Chott El Fedjej.

Le contrôle des niveaux des nappes phréatiques de la région a permis de montrer que chaque nappe présente son cas de fluctuation surtout au cours de cette dernière décennie. La nappe phréatique de Gabès Sud accuse une baisse annuelle de 0,2 à 0,4 m à Mareth, tandis qu'elle a une tendance à la stabilisation à Kettana et Teboulbou. Sur cette nappe l'influence, par l'alimentation au cours des crues, des périodes pluvieuses est nette. Cette infiltration se traduit par la remontée des niveaux avec un adoucissement des eaux dans certaines zones. La dégradation des eaux est observée dans la région de Mareth. Celle-ci peut être attribuée soit à la surexploitation localisée soit à un approfondissement et au captage des horizons aquifères sous-jacents plus minéralisés. A Gabès Nord, la piézométrie présente une légère remontée, tandis que la qualité des eaux présente, après une certaine dégradation, une tendance au cours des dernières années vers l'adoucissement. Cette situation se traduit par l'abandon de l'exploitation de la nappe phréatique et la drainée verticale des eaux de la nappe profonde à travers les trous des sondages illicites. La nappe d'El Hamma Chenchou accuse une baisse généralisée de 0,35m/an au cours de la dernière décennie, sous l'effet de la surexploitation. L'évolution de cette nappe est identique à celle de la nappe profonde dont la relation est assurée par la tectonique cassante très favorable à la communication des deux aquifères.

I. INTRODUCTION

La surveillance des nappes dans la Dj Jeffara de Gabès depuis presque les deux dernières décennies (1973-1993), s'effectue à l'échelle mensuelle sur 12 piézomètres et un forage, trimestrielle sur 6 piézomètres et 64 puits de surface et semestrielle en période hivernale et estivale sur 7 piézomètres et tous les forages. Cette surveillance permet de contrôler les fluctuations des pressions et des niveaux d'eau au cours du temps et de connaître la conséquence de ces fluctuations en fonction de l'exploitation et de la pluviométrie sur l'évolution qualitative de ces nappes après analyses chimiques des échantillons prélevés pendant cette surveillance. La connaissance continue de l'évolution de l'exploitation, de la piézométrie et de la qualité chimique est essentielle pour une gestion de

accès ressources. Cette étude présente les résultats de cette surveillance relatifs à l'évolution de l'exploitation et de la piézométrie ainsi que leurs effets sur la qualité des eaux.

II. EVOLUTION PLUVIOMETRIQUE DANS LA DJEFFARA DE GABES

L'évolution de la pluviométrie annuelle de 1973 à 1993 montre qu'elle n'est excédentaire que pendant les années de 74 à 76, 79, 85 et 90. Les périodes déficitaires intercalées ont duré 2,5 et 4 années. Cette succession de périodes de sécheresse semble se répéter sur la piézométrie des nappes de la Djeffara, en causant une baisse continue des niveaux au cours de cette période (fig. 1).

III. EVOLUTION DE L'EXPLOITATION

L'examen de l'exploitation des nappes profondes au cours de la période considérée montre que la variation globale est faible pour la nappe de Gabès Nord, elle atteint 335 l/s à Gabès Sud, 190 l/s à El-Hamma Chenchou et 450 l/s à Chott El Fedjej. En comparant l'exploitation actuelle aux ressources de chaque nappe, on en déduit que seulement la nappe de Gabès Sud est au début de la surexploitation.

Tableau 1. Exploitation des nappes de Gabès.

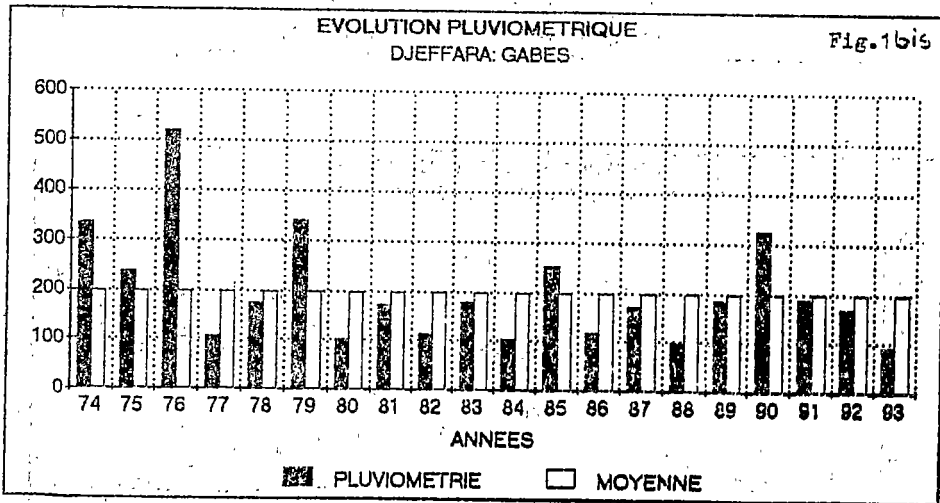
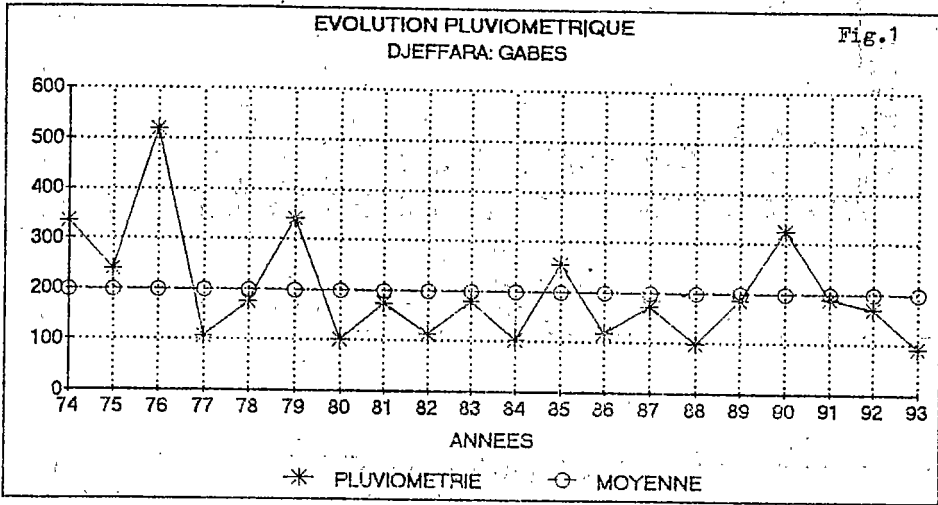
NAPPES	Ressources Globales l/s	Exploitation Actuelle l/s	Ressources Disponibles l/s
Gabès Nord	1600	1340	260
Gabès Sud	1150	1158	-
El-Hamma-Chenchou	900	507	393
C.I. (Chott El Fedjej)	1078	553	525

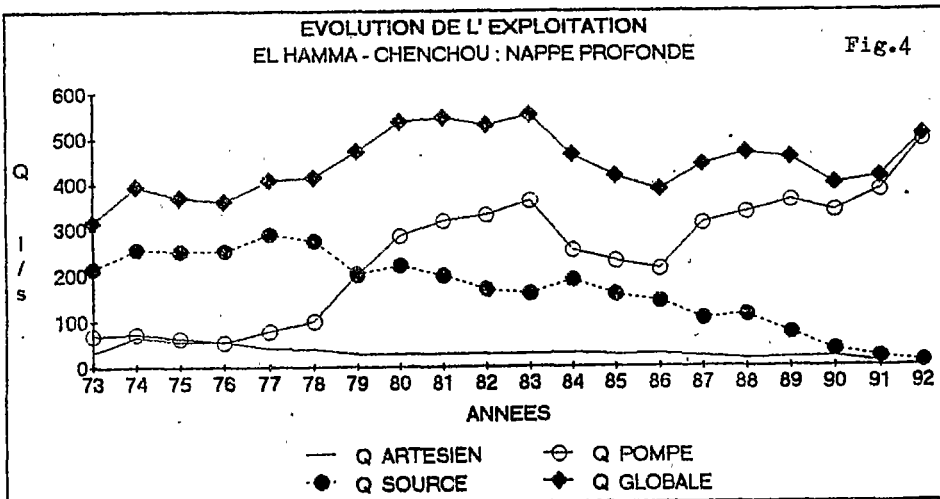
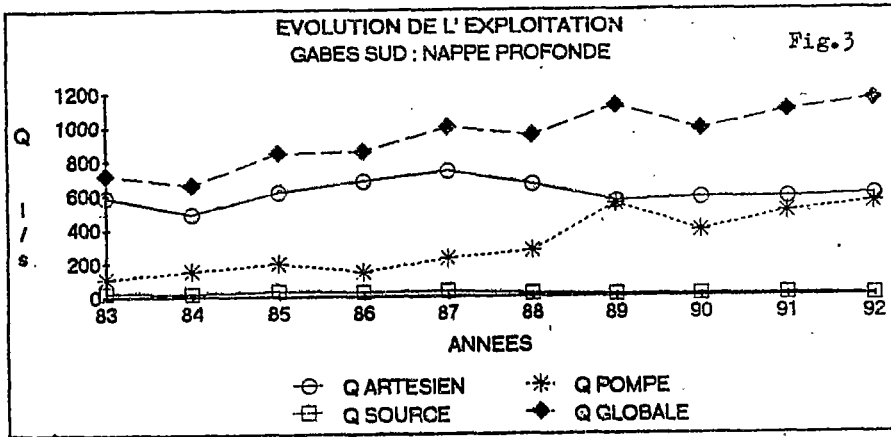
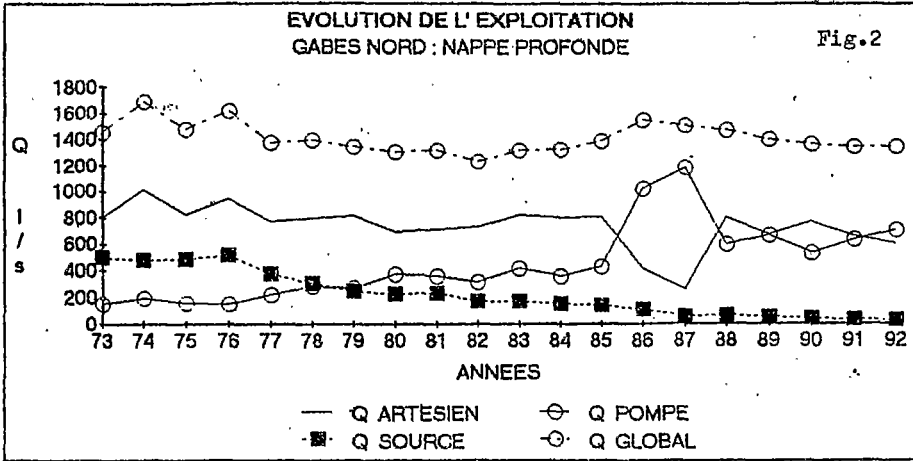
L'analyse de la situation de l'exploitation pour chaque nappe permet de constater ce qui suit :
 - La nappe de Gabès Nord: Depuis l'année 1977 le débit des sources commence à baisser et le débit de pompage à se confirmer, tandis que la baisse de l'artésianisme est peu accentuée. A partir de l'année 1986 le débit de pompage augmente nettement et atteint presque le double, accompagné d'une baisse de l'artésianisme. Ainsi le débit global est devenu presque tributaire de l'évolution de pompage (Fig. 2).

- La nappe de Gabès Sud: Dans cette nappe le pompage augmente sensiblement d'une façon continue depuis le début de ces deux décennies, il s'est multiplié par 4. Tandis que l'artésianisme n'a pas connu des variations importantes. Ainsi, l'exploitation globale est surtout influencée par le pompage (Fig. 3).

- La nappe d'EL HAMMA-Chenchou: L'évolution de l'exploitation de cette nappe montre que le débit des sources est en baisse continue depuis 1978 pour devenir 11 l/s en 1992. Le débit de pompage augmente sensiblement à partir de 1976 tout en accusant une forte baisse entre 83 et 86. Le débit artésien est en baisse continue jusqu'à sa disparition complète en 1992. Ainsi l'évolution globale de l'exploitation suit l'allure du pompage depuis 1976 et pour finir en 1992, à presque s'égaliser à ce dernier (Fig. 4).

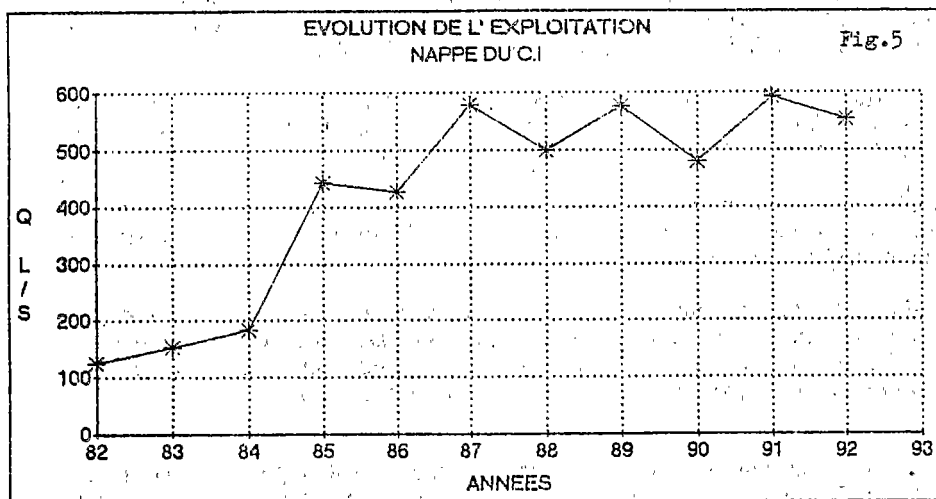
- La nappe du Continental Intercalaire: Cette nappe exploitée presque exclusivement par l'artésianisme connaît une augmentation importante de son exploitation depuis l'année 1984 et se maintient entre 550 et 590 l/s (Fig. 5).





L'ÉVOLUTION DE L'EXPLOITATION

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution de l'exploitation de la nappe du C.I. de 1982 à 1992. L'axe vertical (Q) représente la quantité exploitée en litres par seconde (L/S), et l'axe horizontal (ANNEES) représente les années.



IV- EVOLUTION DE LA PIEZOMETRIE

1. NAPPES PROFONDES: De 1973 à 1993, ces nappes ont enregistré une baisse généralisée dans toute la Djeffara de Gabès. Une baisse qui reste conforme aux prévisions concernant les nappes de la Djeffara, mais qui est considérable pour la nappe du C.I.

a- La nappe de Gabès Nord: le réseau actuel de surveillance comporte 6 piézomètres et 3 forages non exploités répartis dans les oasis de Gabès, Bouchemma, Méthouia, Ghannoucha et El Aouinet. L'évolution piézométrique au cours de cette période a montré une baisse annuelle moyenne de 0.4m, enregistrée au niveau des piézomètres: 5 m PZ Bouchemma N°BIRH 16689/5; 5.7 m PZ I.C.M. N°BIRH 16662/5; 4.5 m PZ Methouia N°BIRH 8761/5; 3.7 m PZ Lesseps N°BIRH 7911/5.

Cette faible baisse malgré la multiplication des puits illicites peut indiquer que les ressources sont importantes dans cette région et que l'alimentation est bonne (Fig.6).

b- La nappe de Gabès Sud: Le réseau de surveillance comporte 8 piézomètres et 9 forages artésiens. La surveillance est mensuelle sur 11 points. La baisse enregistrée surtout pendant la dernière décennie, varie de 3 à 8 m avec une moyenne annuelle de 0,6m au niveau des oasis de Mareth et Teboulbou (Fig.7): 5.9 m à Teboulbou 1bis N°BIRH 19313/5; 3.2 m à Oued Lahjel 2 N°BIRH 18628/5; 7.7 à Mareth 5 ter N°BIRH 18638/5.

Dans la partie de Zeuss-Koutine la baisse annuelle est de 0.55 m, malgré que la nappe est fortement sollicitée par le pompage: 6.2m à Ain Mjirda N°BIRH 7383/5; 5.46m à Zemla 1 N°BIRH 13982/5; 4.69m à Oued Zigzaou N°IRH 13983/5.

c- La nappe d'El Hamma-Chenchou: Le réseau de surveillance n'est formé ici que par un seul piézomètre celui de Chenchou 11 N°IRH 17623/5. L'enregistrement depuis 1978 a permis de mesurer une baisse annuelle de 0.37 m (Fig.8).

d- La nappe du C.I.: La surveillance piézométrique dans cette nappe ne se fait pas régulièrement comme celle de l'exploitation et de la chimie. Des mesures de pression de certains forages réalisés cette année montrent que cette nappe accuse une baisse considérable allant de 2 à 2.5 m/an malgré que l'exploitation actuelle se trouve à la moitié des ressources exploitables (Fig.9).

e- Conclusion : La baisse dans la nappe de Djeffara semble résulter de l'effet conjugué d'une part de l'exploitation par l'extension de pompage; d'autres part, de la succession prolongée de périodes de sécheresse au cours des deux décennies. Toutefois cette baisse reste tolérable. En effet la charge le long de la côte, qui doit rester 8 à 10m au dessus du niveau de la mer pour éviter l'intrusion marine, est actuellement de + 38.7 m à Mareth, + 38.5m à Teboulbou et +25.88 à Ghannouch.

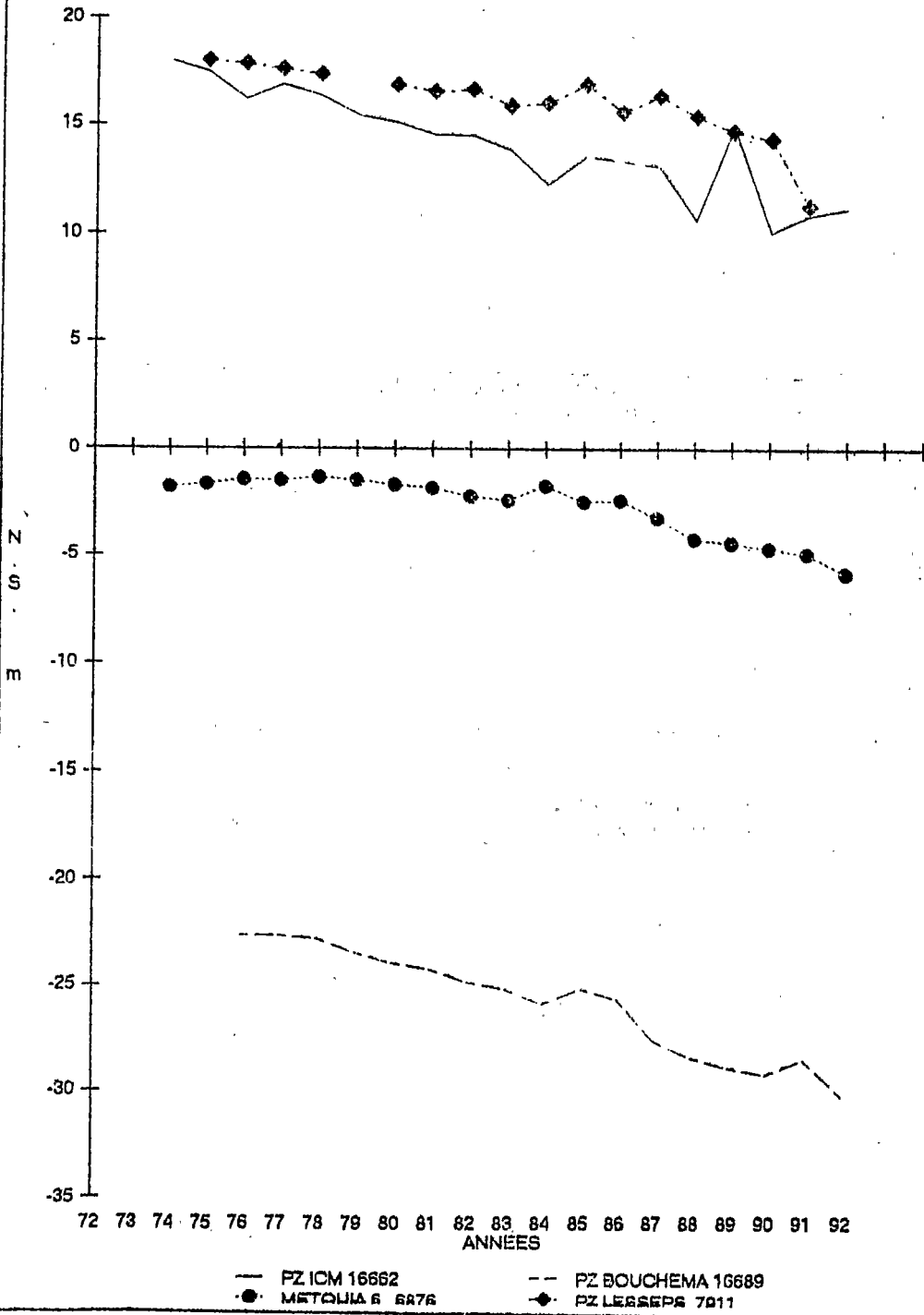
2. NAPPES PHREATIQUES

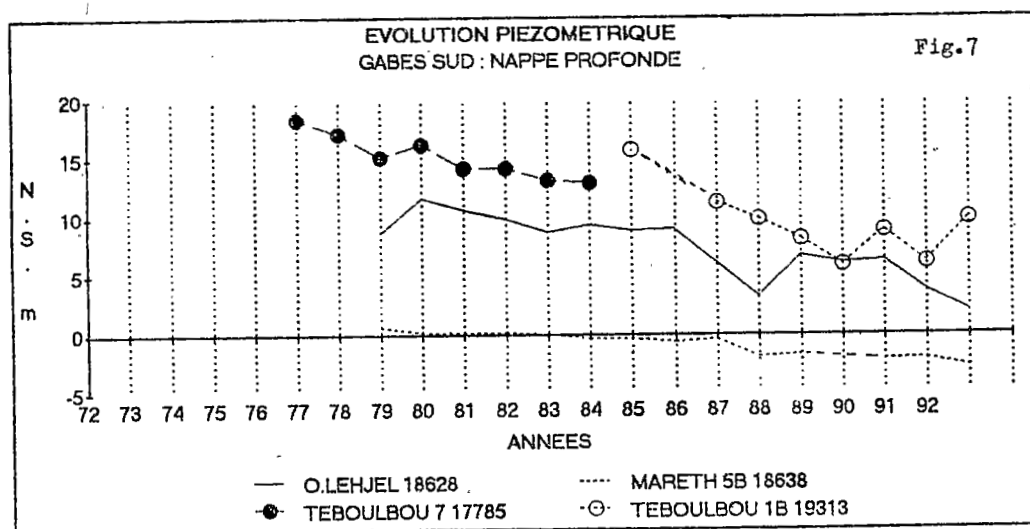
a- Nappe phréatique de Gabès Nord: Au cours de la dernière décennie, l'évolution des fluctuations piézométriques montre une tendance générale vers une légère remontée. Cette dernière semble résulter de plusieurs facteurs:

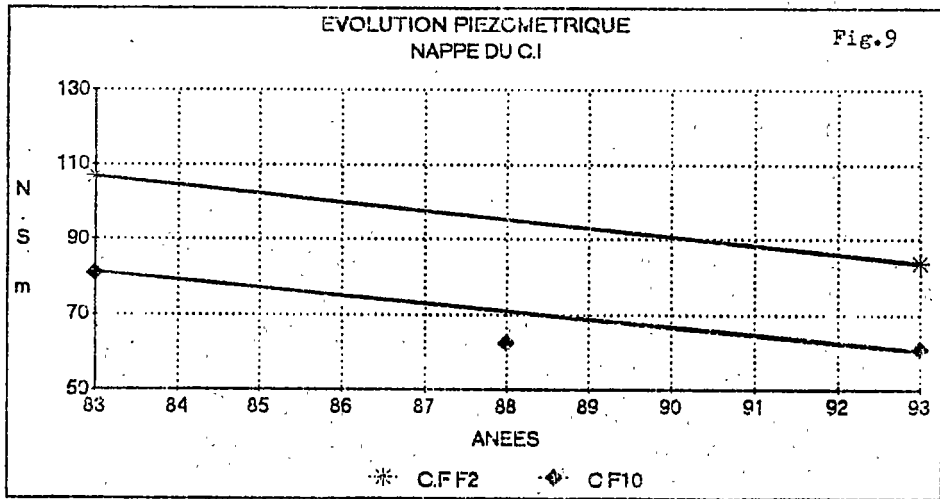
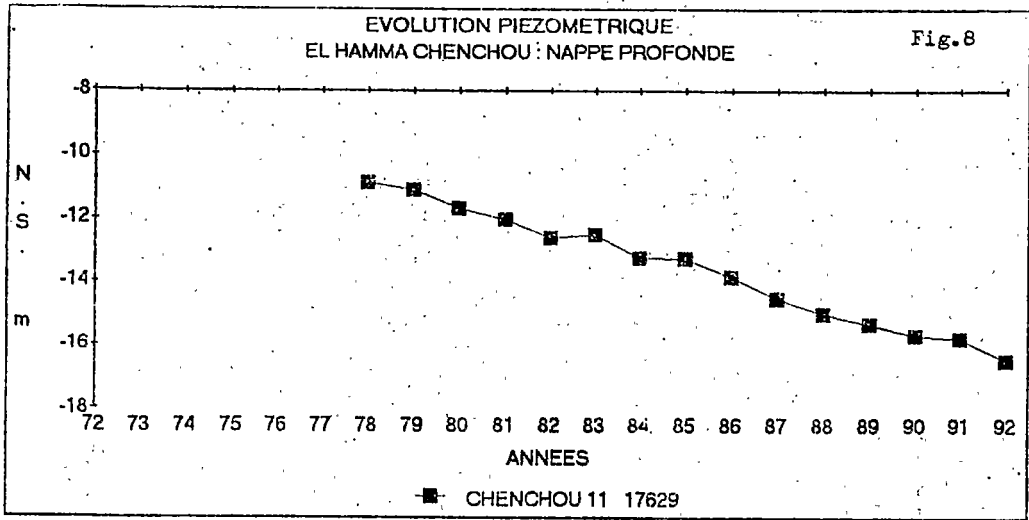
- L'infiltration des eaux de drainage
- L'alimentation par les eaux météoriques puits N°87 présente une remontée de 2m suite aux pluies de 84 et 90
- l'abandon de l'exploitation de cette nappe superficielle par la majorité des agriculteurs. En effet, l'exploitation a passé de 3.3 Mm³/an en 85 à 0.96Mm³ en 90. Les agriculteurs s'orientent vers la nappe profonde.
- La drainance verticale de la nappe profonde à travers les puits forés par les sondages illicites. Ce qui est illustré par la remontée importante de 3.6m enregistrée sur le puits N° 454 transformé en forage illicite.

EVOLUTION PIEZOMETRIQUE
GABES NORD

Fig.6







b- La nappe phréatique de Gabès Sud: L'évolution piézométrique dans la région de Mareth -Fattouch - Oued El Ghirane montre une tendance générale vers la baisse des niveaux de cette nappe, la conséquence d'une surexploitation localisée. Cette baisse au cours de cette dernière décennie est en moyenne de 0.37 m/an. Il faut signaler que dans cette région, la comparaison des fluctuations piézométriques avec la pluviométrie, permet de constater une remontée apparente à Fattouch après les fortes pluies de 84-85 et 89-90, et une légère remontée à Mareth. Dans la zone de Kettana-Teboulbou les fluctuations piézométriques montrent une tendance générale vers la stabilisation des niveaux avec une légère remontée des niveaux en 84-85 et 89-90 sous l'effet de la pluviométrie excédentaire. L'importante baisse du puits Bouajaja N° 117 semble résulter de la chute piézométrique de la nappe profonde matérialisée par le tarissement de la source Bouajaja très proche.

c- La nappe phréatique d'El Hamma-Chenchou: La surveillance piézométrique dans cette nappe au cours de cette dernière décennie montre une baisse généralisée des niveaux du plan d'eau de l'ordre de 3.5m, donnant une moyenne annuelle de 0.35m. La pluviométrie des années excédentaires 84-85 et 89-90, contrairement aux autres nappes, n'a aucun effet dans cette région. La baisse résulte certainement de la surexploitation de la nappe. En effet l'exploitation actuelle est de 5.4 Mm³, tandis que les ressources sont de 4.38 Mm³.

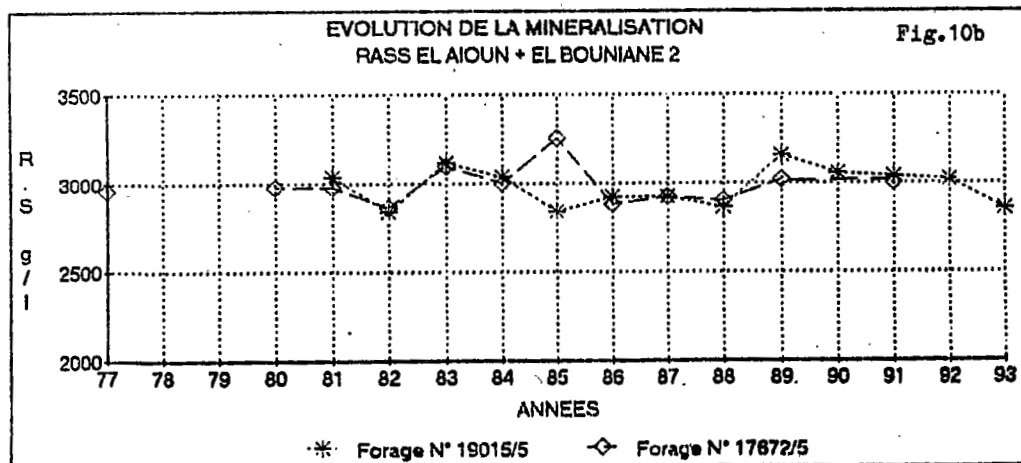
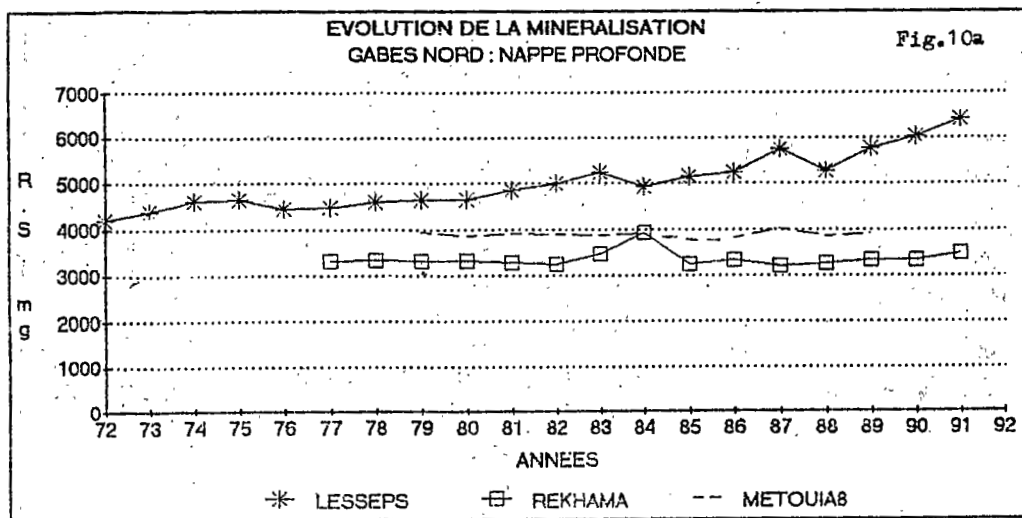
d- La nappe phréatique Zeuss et zone montagneuse: les fluctuations piézométriques de ces nappes montraient un régime très relié à la pluviométrie et aux crues des oueds. En effet dans la plupart des puits, on a enregistré une remontée des niveaux de 1 à 2m après les pluies 84-85 et 89-90.

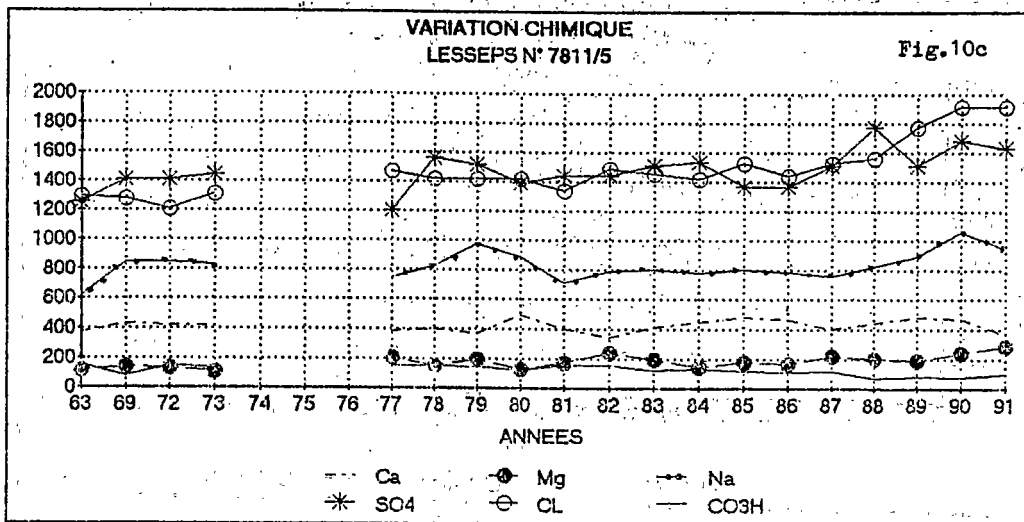
V- EVOLUTION DE LA QUALITE CHIMIQUE DES EAUX

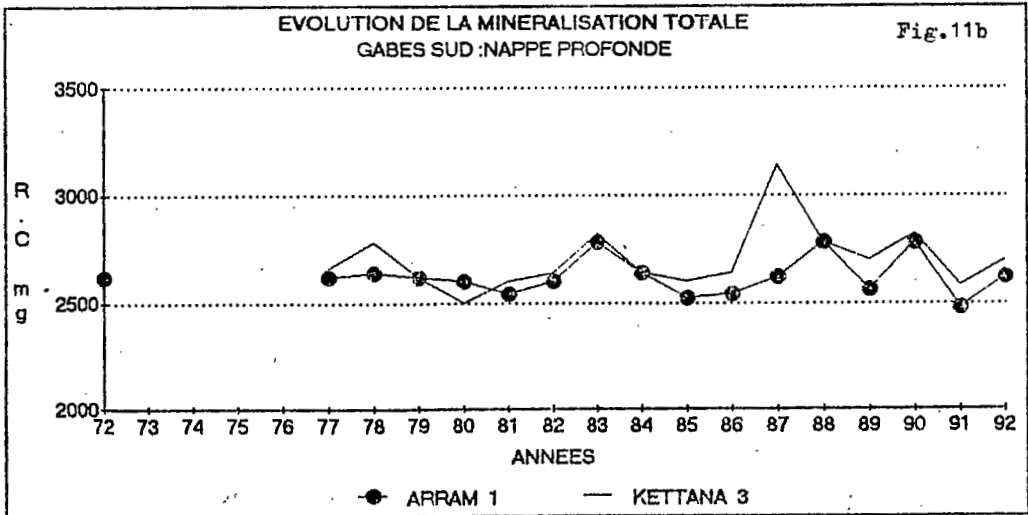
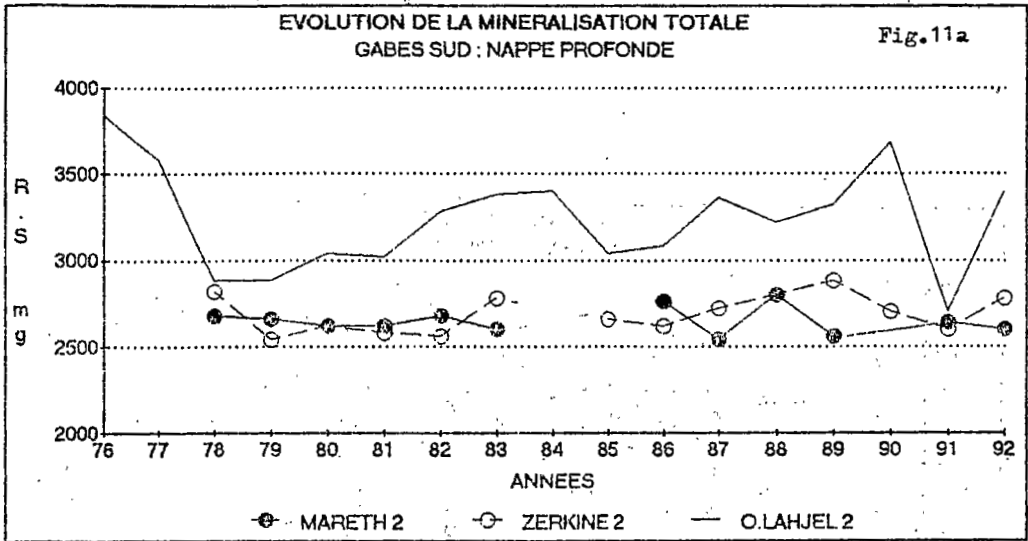
1- Nappes profondes

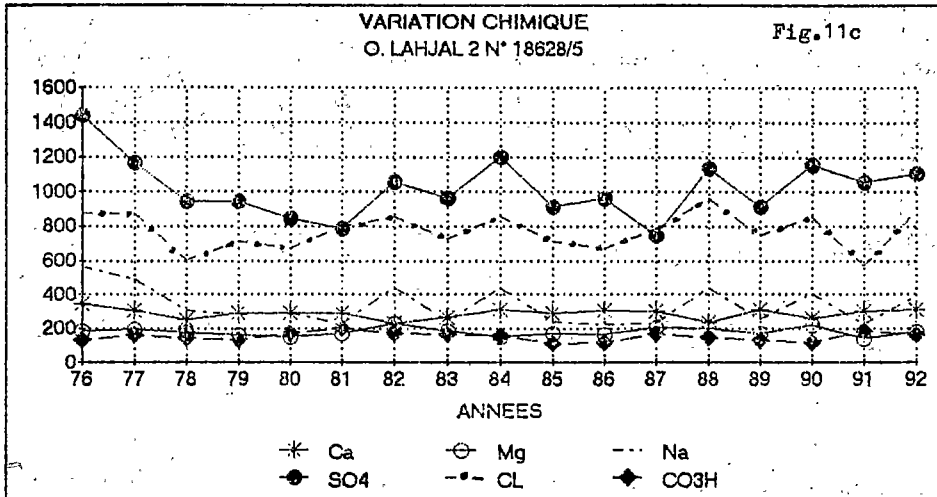
* **La minéralisation de la nappe de Gabès Nord:** Les valeurs de la minéralisation totale varient entre 2,8 (Sud) et 5,5 g/l (Nord). Le suivi de la minéralisation totale dans le temps au cours de cette période montre que la variation est peu perceptible et la qualité chimique est stationnaire dans la plupart des forages comme l'illustre l'allure de la minéralisation totale du PZ Rekhama, Methouia 8, Rass El Aïoun et El Boniane 2 (les variations, de 160 mg, sont attribuées aux erreurs d'analyses). Cependant dans le forage d'El Aouinet Ter N°7811/5, la minéralisation totale montre une croissance au cours du temps et la variation a atteint 1,6 g/l pendant les 20 ans. Cette augmentation semble résulter de l'effet d'infiltration des eaux saumâtres venant des sebkhs très nombreux dans la région, à travers le toit sablo-argileux peu épais qui rend cette partie très vulnérable à la salinisation ou par drainance verticale à travers des failles des eaux très chargées existant en profondeur (Fig. 10). Cet accroissement dans la minéralisation intéresse surtout les éléments Na⁺ et Cl⁻.

* **La minéralisation de la nappe de Gabès Sud :** Les valeurs de la minéralisation totale dans cette région sont relativement basses avec une moyenne entre 2,6 et 2,8 g/l. Le suivi de l'évolution chimique de cette nappe ne montre de variation significative dans le temps. Les valeurs restent toujours dans le même ordre de grandeur: de 2,6 à 2,8 g/l, comme l'illustre les forages de Mareth 2, Zerkin 2, Arram 1 et Kettana 3 (Fig. 11). Ceci résulte du fait que la nappe de Gabès Sud profite d'une alimentation récente à partir de l'eau de pluie (calcaire à faible profondeur ou même affleurant dans la zone de piedmont oriental du Dahar). Dans la partie Sud l'apport des oueds en périodes de crues contribue à l'alimentation de la nappe et fait ainsi baisser la salinité tout en conservant les faciès chimiques puisque l'eau ruisselée sur des affleurements calcaires n'a pas acquis de changement dans sa composition. Ce cas est illustré par la variation de la minéralisation totale du forage Oued Em Hajel 2 N°BIRH 18628/5, où on constate la baisse de la salinité suite aux fortes pluies de 76, 84 et 96.









La variation de la concentration des ions montre que la baisse intéresse surtout des ions SO_4 , Cl , Na et Ca dans le même ordre de grandeur.

* **La minéralisation de la nappe d'El Hamma-Chenchou:** Au début des deux décennies, la nappe d'El Hamma-Chenchou présente une moyenne de l'ordre de 3,2 g/l, tandis qu'en fin de cette période, la moyenne atteint des valeurs de 3,6 g/l. La minéralisation totale des eaux de cette nappe semble présenter une augmentation, illustrée au niveau du forage Chenchou et El Hamma Mzirâa. Cette augmentation semble résulter de l'effet de l'augmentation et la généralisation du pompage (Fig. 12).

* **La minéralisation de la nappe du C.I. :** Les valeurs de la minéralisation de cette nappe varient entre 2,7 (CF F2) et 4 g/l (CF9). La variation de la minéralisation dans le temps ne montre pas de tendance perceptible comme l'illustre les forages CF2, CFF2 et CF9. Les variations annuelles doivent correspondre aux erreurs de l'analyse (Fig. 13).

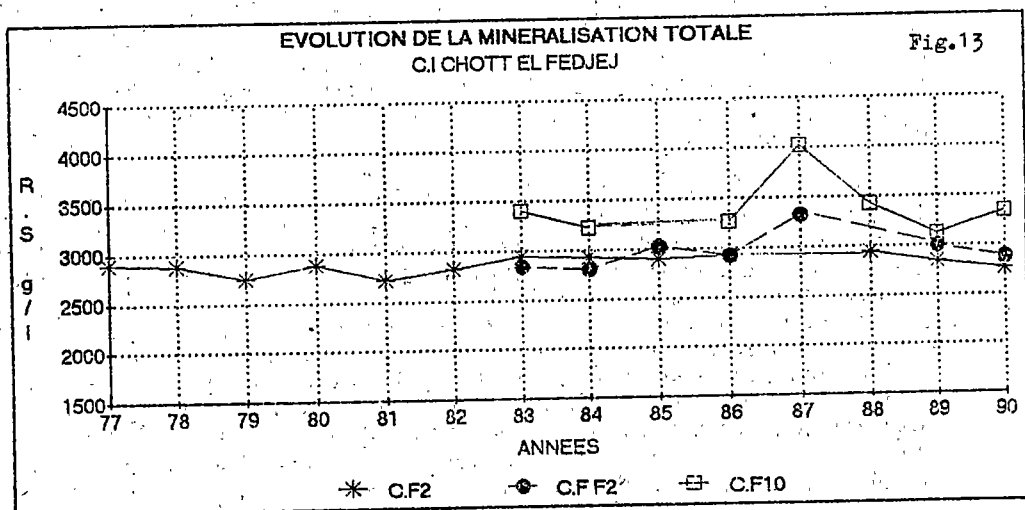
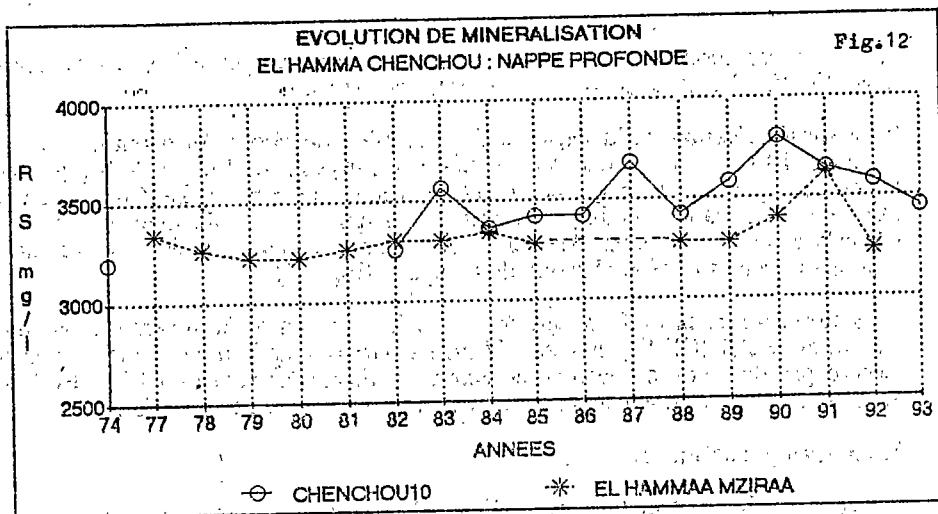
2. Nappes phréatiques:

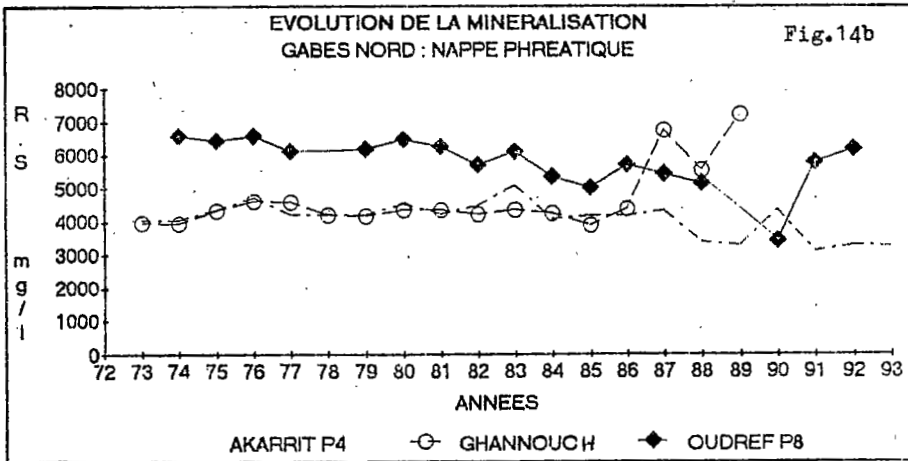
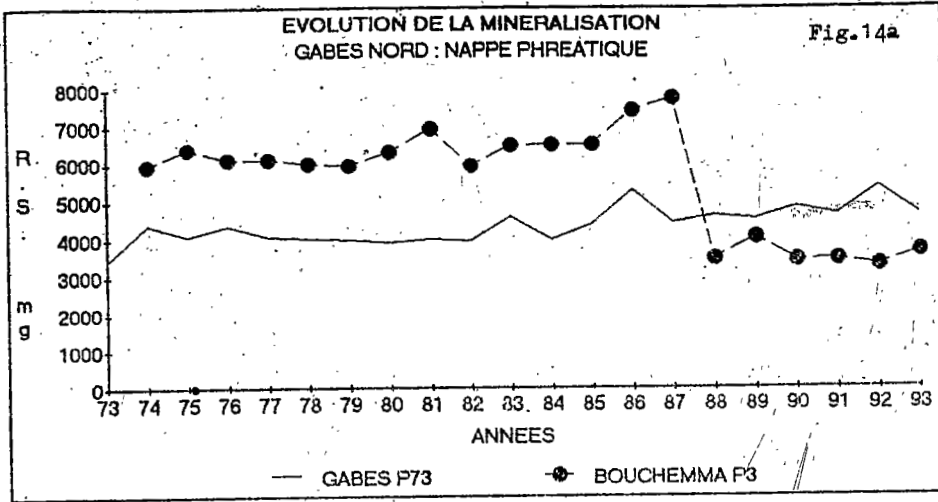
* **Nappe de Gabès Nord:** La surveillance de la qualité des eaux de cette nappe montre des évolutions différentes et parfois opposées, au cours des deux décennies. Au niveau de Gabès et Ghannouch, où la minéralisation totale était au début de cette période entre 3,5 et 4 g/l, la qualité s'est dégradée pour atteindre actuellement 5 à 6 g/l. Cette dégradation est en liaison avec le déficit pluviométrique déjà enregistré d'une part et de l'effet de l'exploitation, qui ne cesse de s'accroître d'autre part (puits Gabès et Ghannouch). Les puits ayant au départ une salinité importante de 6 g/l gardent pendant cette période presque la même minéralisation (puits Oudref). Cependant, certains puits présentent une nette amélioration de la qualité, ces puits sont forés par des sondages illicites pour capter la nappe profonde. Ce type de captage est à l'origine du mélange des eaux des deux nappes et de la chute de la minéralisation de 4,5 à 3,2 g/l au puits El Akarit et de plus de 6,5 à 3,4 g/l au puits Bouchemma P3 (Fig. 14).

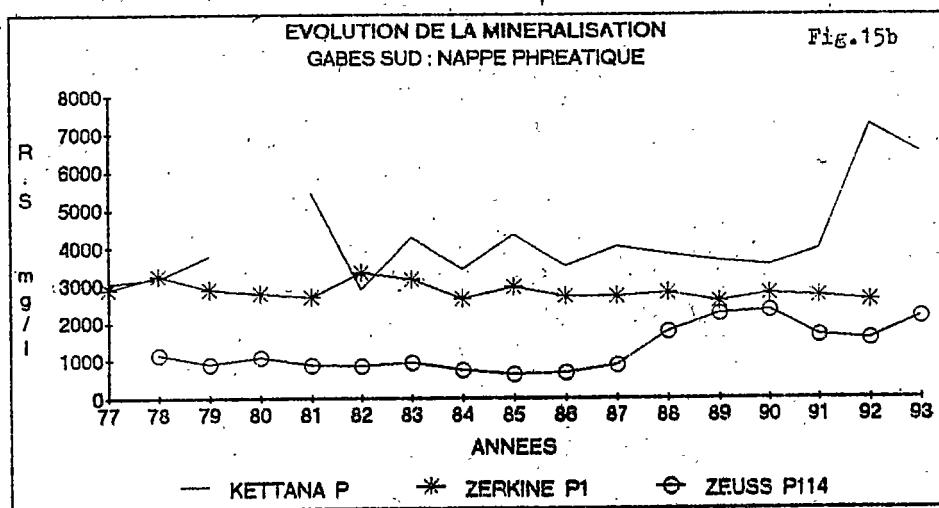
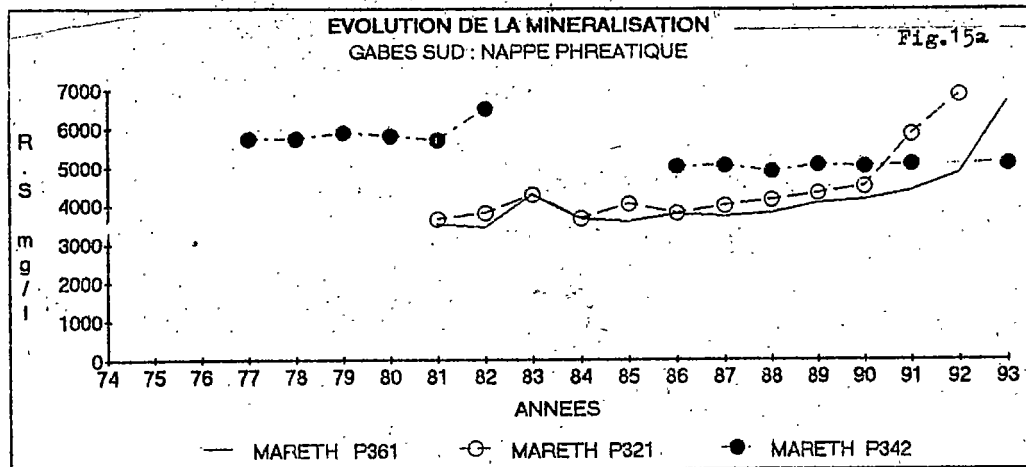
* **Nappe de Gabès Sud :** la surveillance de la qualité au niveau de la nappe phréatique de Gabès Sud montre dans la région de Mareth, Kettana, que les puits ayant des eaux très chargées, comme le puits N°342, gardent presque la même minéralisation au cours de cette période. Les autres puits, dont la minéralisation est de l'ordre de 4 g/l, présentent une légère dégradation entre 1986 et 1990; à partir de cette date, la dégradation s'accroît dans la région de Mareth et la salinité atteint 6 et 7 g/l. Dans la région Zerkine-Teboulbou, la nappe semble garder la même minéralisation sans variation notable. Cette dégradation de la minéralisation dans cette nappe est sous l'effet de l'exploitation très poussée dans la région de Mareth-Kettana (Fig. 15). L'augmentation de la concentration en Na^+ et Cl^- est probablement le signe d'une intrusion marine ou d'une contamination à partir de l'horizon aquifère nettement plus chargé comme c'est le cas du puits Mareth N°361, qui suite à son approfondissement, sa qualité a augmenté rapidement.

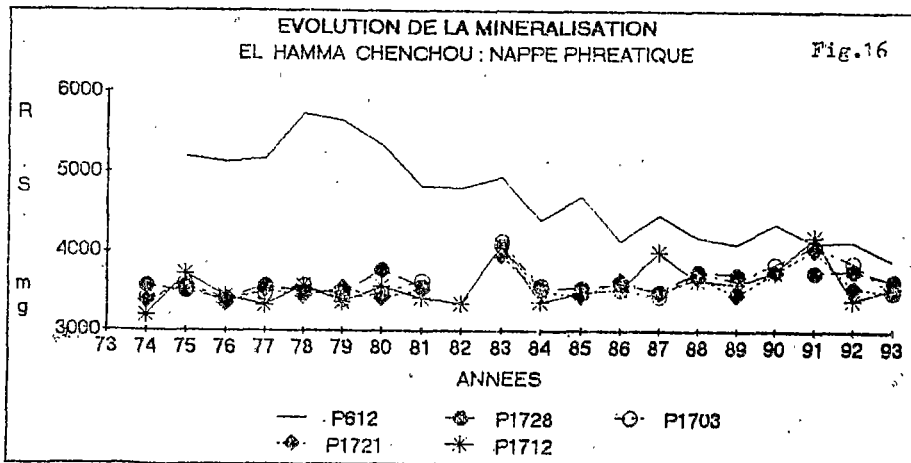
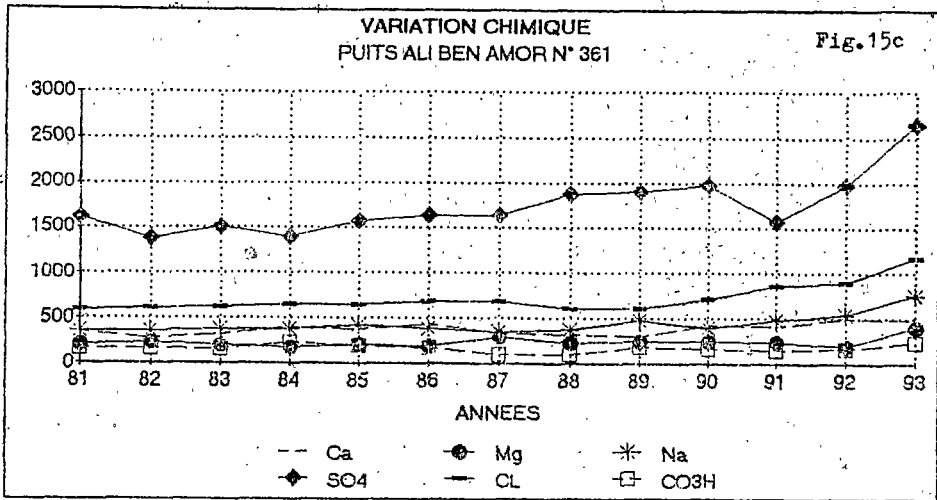
* **La nappe d'El Hamma-Chenchou:** l'évolution de la minéralisation totale de cette nappe montre une légère augmentation de la minéralisation (200 mg) au cours des deux décennies malgré la surexploitation de cette nappe. Ceci semble résulter du fait que cette nappe est très alimentée d'une part par la pluie et d'autre part par la nappe profonde grâce à la tectonique cassante très répandue dans la région. En effet ceci est illustré par la température élevée de certains puits et d'autre part par l'amélioration de la qualité chimique comme c'est le cas du puits N°612 où la salinité diminue au cours du temps et passe de 5 à 4 g/l (Fig. 16).

* **Conclusion:** au cours des dernières décennies, la nappe phréatique présente en général une baisse dans ses niveaux de 2 à 4m à Mareth et 3 à 5m à El Hamma-Chenchou et de 3 à 7m dans la zone montagneuse. Cette baisse est accompagnée par une légère augmentation de la salinité à El Hamma-Chenchou et une dégradation accentuée dans la zone de Mareth qui devient une zone très vulnérable à l'intrusion marine et par conséquent elle peut être considérée comme zone déconseillée aux nouvelles créations.









BIBLIOGRAPHIE

- A.MAMOU, B. BEN BACCAR: Situation de l'exploitation des nappes phréatiques du Gouvernorat de Gabès. Novembre 1987.
- B. BEN BACCAR: Evolution de l'exploitation et de la piézométrie des nappes de la Djeffara de Gabès 1973-1986. Juillet 1987.
- B. BEN BACCAR: Evolution de piézométrie des nappes souterraines du Gouvernorat de Gabès 1987-1988.
- M. AYADI: Etude de la nappe phréatique de Mareth. Septembre 1986.
- M. AYADI: Etude hydrogéologique de la nappe phréatique de Mzirâa Oued Aïd.
- M. RAHALI: Evolution de la piézométrie de la nappe de la Djeffara à la lumière de la pluviométrie et de l'exploitation. 1993.

LES NAPPES PHREATIQUES DES OASIS DE GAFSA

MOUMNI Lahmadi (*)

(*) Arrondissement des Ressources en Eau - CRDA Gafsa.

Résumé: On désigne par nappe phréatique des oasis le premier niveau aquifère capté par puits de surface dans et à la périphérie des oasis. Les ressources de ces nappes sont surtout constituées par les surplus d'eau d'irrigation. Dans le Gouvernorat de Gafsa, on distingue la nappe phréatique de Gafsa Sud - El Guettar et la nappe phréatique de Chott Ghersa Nord (Segdoud).

1) La nappe phréatique de Gafsa Sud - El Guettar:

La lithologie du réservoir est sableuse à argilo-sableuse. L'alimentation est assurée par les infiltrations directes des eaux de pluie, par les apports des eaux des crues d'Oued Bayech et par une partie des eaux d'irrigation. La prolifération des puits est à l'origine de l'accroissement des prélèvements par pompage mettant ainsi un dépassement des ressources exploitables. Cette situation de sur-exploitation a entraîné un abaissement moyen du niveau piézométrique de la nappe de 0,70 m/an. La détérioration de la qualité chimique n'a pas été constatée. Toutefois, la proximité des Chotts (Chott El Guettar) et des Sebkhats (Melah) font que l'intensification de l'exploitation ne peut être tolérée au delà d'un seuil. En effet, l'abaissement continu du niveau piézométrique de la nappe peut entraîner l'inversion du sens de l'écoulement général de la nappe et par conséquent une intrusion d'eau beaucoup plus chargée.

GESTION DE L'EAU


2) Les nappes de Chott El Gharsa Nord.

Le réservoir est caractérisé par une variation lithologique. A l'Est, il est constitué par des sables blancs très fins difficile à capter par puits traditionnels. Beaucoup plus à l'Ouest, il est constitué par des sables argileux riches en gypse dans les zones d'exutoires.

L'alimentation essentielle est assurée par les infiltrations directes des eaux de pluie et par le ruissellement diffus de l'ensemble des Oueds qui descendent du flanc sud de Djebel Alima.

L'exploitation actuelle est à la limite des ressources exploitables. La qualité chimique varie de l'amont vers l'aval en rapport avec le cheminement des eaux. Le résidu sec passe de 2,5 g/l à 12 g/l et arrive même à 18 g/l/

On retrouve dans ce cas les mêmes causes qui pourraient être à l'origine de l'augmentation du résidu sec des eaux (proximité des Chotts, infiltration des eaux de drainage ...).



GESTION DE L'EAU
ET
PRODUCTION AGRICOLE

- 28

DYNAMIQUE DES SELS DANS LES EAUX
ET LES PLANTES HALOPHYTES (*Salicornia* L.)

DANS LA REGION DE BISKRA

REZAGUI M. (*), SEMADI A. (*) et VALLES V. ()**

(*): Inst. des sciences de la nature. Univ. de ANNABA-ALGERIE.

(): Station de sciences de sols I.N.R.A. Montfavet - FRANCE.**

Resumé: Dans les régions arides, trois types de problèmes se rencontrent habituellement dans les sols:

- les problèmes de salure "sensu stricto"
- les problèmes de phytotoxicité.
- les risques de dégradation des propriétés physiques des sols.

Le but de notre travail est d'étudier la réaction d'une plante très tolérante au sel (*Salicornia fruticosa*). Cette plante, parvient-elle à maintenir une composition chimique intérieure constante (lutte contre les phénomènes de toxicité) ou bien laisse-t-elle pénétrer les sels massivement au gré des caractéristiques du milieu ? L'effort a porté sur l'étude de la composition chimique des cendres et de sa relation avec la composition de la solution du sol.

INTRODUCTION

Les zones arides couvrent une part importante de la planète et l'essentiel du territoire algérien. Dans ces régions, les eaux naturelles se concentrent sous l'effet de l'évaporation et la transpiration par la végétation. Des mécanismes chimiques complexes conduisent à des modifications de la composition chimique des solutions qui s'enrichissent en sodium et chlore ou bicarbonate ou sulfate ce qui rend les sols salés. Dans ces sols, l'eau présente un potentiel osmotique bas et les plantes ont des difficultés à l'absorber. La réponse des plantes à la salinité dépend de la quantité de sel et de sa nature chimique, or lorsque les eaux se concentrent au fur et à mesure de leurs cheminements, leurs caractéristiques évoluent. Le but de notre travail porte sur deux aspects:

- 1 - Comprendre les mécanismes d'acquisition de la salinité
- 2 - Etudier le comportement d'une plante très tolérante au sel (*salicornia fruticosa*) dans un milieu caractérisé par un gradient de salinité.

1. QUELQUES GENERALITES SUR LES SALICORNES

1.1. Caractéristiques botaniques:

Les salicornes sont des plantes très rameuses, rameaux charnus d'un vert sombre, souvent retombant ou couchés, terminés par des épis floraux étroits et allongés avec deux étamines par fleur (Ozenda, 1983), les fruits sont ovoïdes et membraneux, renfermés dans le calice accrescent, graines verticales (Quizet et Santa, 1962).

1.2. Ecologie:

Les populations des salicornes croissent dans le désert salin, les marais salants, ou autres habitats salins résultant des activités humaines (irrigation par exemple). Elles sont soumises à une mortalité élevée sous l'action directe de la forte salinité ou autres variables biotiques et abiotiques associées avec ces habitats (Ungar, 1987). Des populations de *Salicornia Europea*, situées dans les parties les plus salines d'un sel du bassin d'Ohio (Ungar et al., 1979) ont fait l'objet de nombreuses études. La variation génotype et la

plasticité phénotype de cette halophyte annuelle ont été étudiées sur les populations parmi les individus de divers groupes singuliers (Jefferies et Gottliels, 1982; Huiskes et al., 1985). Ainsi, les plantes observées poussant dans les champs peuvent avoir soit des pousses sans branches quand elles croissent sur des surfaces denses et d'une salinité marquée, ou des pousses multi-branches quand elles croissent sur les surfaces les moins denses et sous des conditions moins salines (Jefferies et Al., 1981; Milkon - Michalska, 1985).

1.3. Systématique:

Classe: Dicotyledonae; Sous classe: Caryophyllidae; Ordre: Caryophyllales; Famille: Chenopodiaceae; Espèce: Fruticosa (Gaussen et al., 1982).

II. MATERIEL ET METHODES

2.1. Les zones d'études: Notre étude a porté sur les chotts Melghir, Mérouane et Bendjeloul, dans la région de Biskra (Fig.1).

- Le chott Melghir: situé à 137 km au N.NE de Touggourt et s'étendant en moyenne sur 62 km de long et 37 km de large.

- Le chott Merouane: situé à 103 km au Nord de Touggourt et s'étendant sur 37 km de long et 18 km de large.

- Le chott Bendjeloul: situé à 100 km au N.NE de Touggourt et s'étendant sur 21 km de long et 12 km de large. Ce dernier communique avec le chott Mérouane.

Il est à noter que les chotts sont des zones dépressionnaires dans lesquelles la nappe profonde se trouve à la surface topographique, où elle est soumise à l'évaporation.

2.2. Sites de prélèvements:

Les prélèvements ont eu lieu dans:

- Les chotts Melgir et Mérouane, qui reçoivent des eaux d'origines différentes à savoir: Oueds, nappes, sources thermales, réseaux de drainage des Oasis etc...(Fig.2).

- L'Oued Fedhala, où la végétation n'était pas halophile; le prélèvement a eu lieu deux jours après une période pluvieuse.

- L'Oued Djedeï, dont la végétation était caractérisée par des tamarix et quelques salicornes.

-- Des mares salines et des nappes.

- Un site d'eaux thermales, dans l'oasis de Chagga.

2.3. Nature des échantillons prélevés sur terrain:

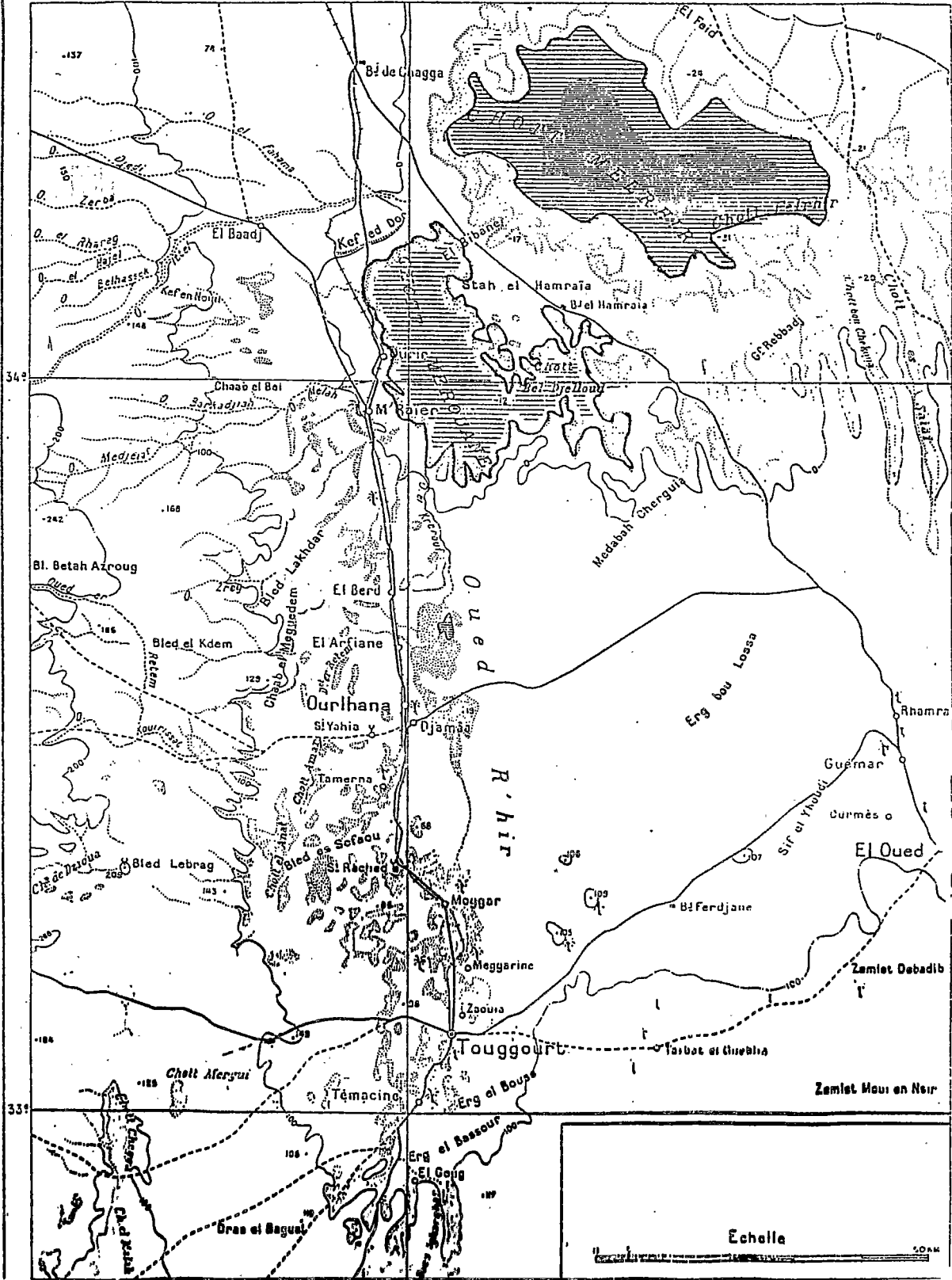
Un des buts principaux de la campagne de prélèvements a été d'obtenir une gamme de salinité aussi large que possible pour deux raisons essentielles:

- Etudier la succession des mécanismes naturels d'acquisition de la composition chimique des eaux salées à partir des eaux douces (du début du processus).

- Obtenir une densité de salinité pour mieux étudier les réactions du végétal.

Les prélèvements ont concerné des solutions, des efflorescences salines et des végétaux.

6° E. de Greenwich



34°

33°

Alger

6° E. de Greenwich

Echelle

50 KM

AURES

CHOTT

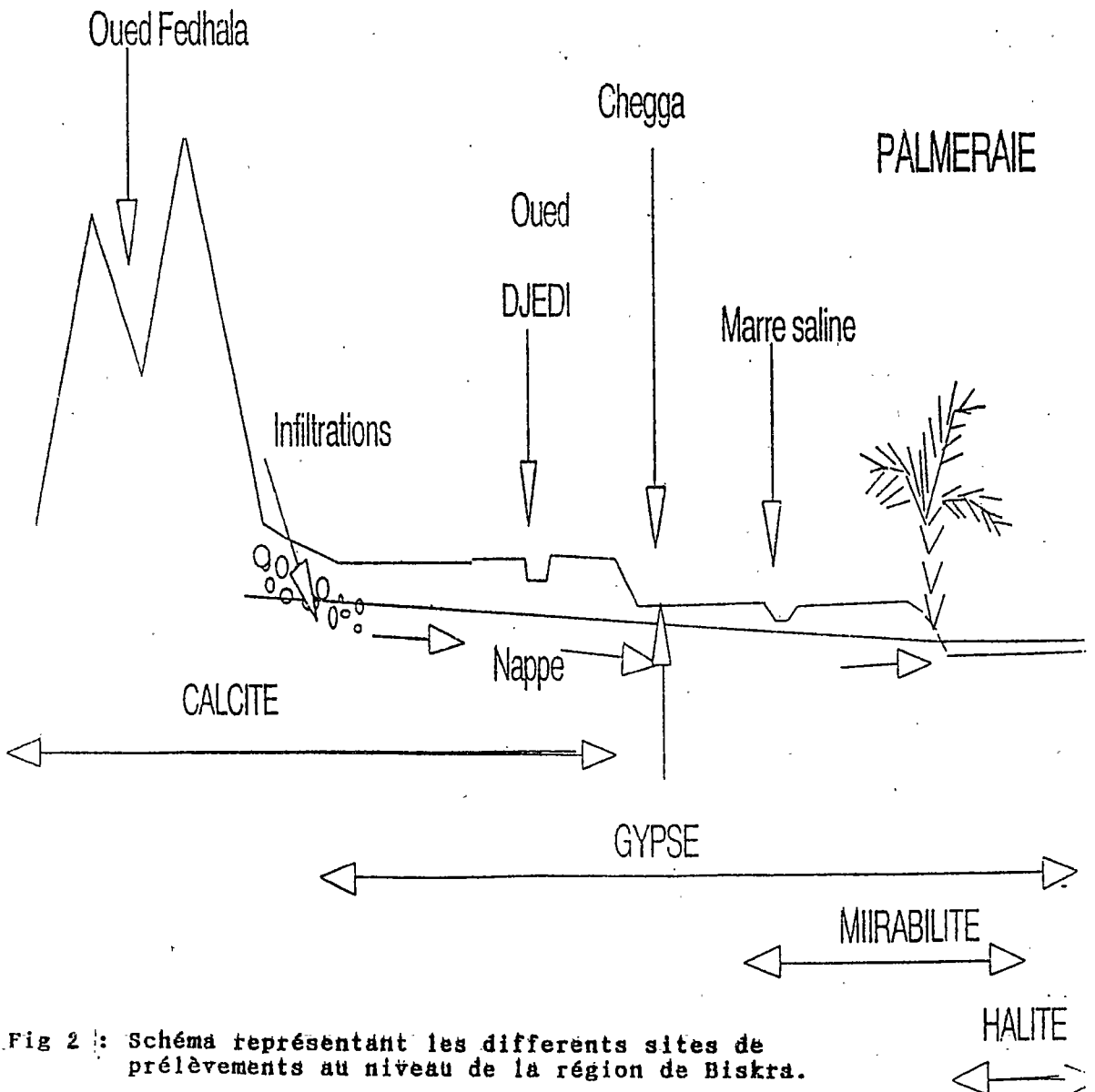


Fig 2 : Schéma représentant les différents sites de prélèvements au niveau de la région de Biskra.

2.4. Techniques analytiques utilisées:

- Les eaux naturelles:

Les eaux naturelles ont été analysées par chromatographie ionique pour les éléments suivants: Na, K, Ca, Mg, NH₄, Li, Sr, Rb, Ba, Cl, SO₄, NO₃, NO₂, H₂PO₄, F et Br. La conductivité électrique a été mesurée à 25°C par un appareil type Crisson 522. La densité a été mesurée à la même température sur des volumes de l'ordre de 20 ml. Du fait, des fortes salinités étudiées, le résidu sec a été déterminé par séchage à l'étude à 105°C, sur des quantités de l'ordre du ml.

- Les efflorescences et les sédiments:

L'étude des efflorescences et des sédiments a été réalisée par le biais de deux techniques: la diffraction de rayons X et la microscopie électrique à balayage (M.E.B.).

- Les végétaux:

Chez *Salicornia fruticosa*, nous avons prélevé des échantillons portant sur la partie aérienne afin de voir après traitement l'évolution du rapport MF/MS et la matière minérale en fonction du gradient de salinité du milieu.

III. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1 - Les efflorescences salines

3.1.1 - Résultats obtenus par la technique des rayons X:

Ces résultats nous montrent que les minéraux les plus abondants des chotts sont la halite et le gypse. La bloedite a été également marquée par une certaine abondance. Des pics non identifiés existent aussi, ce qui indique la présence d'autres minéraux (Fig.3).

3.1.2 - Résultats obtenus par microscopie électronique à balayage (M.E.B.):

Les analyses et photographies réalisées au M.E.B montrent l'abondance de la halite et du gypse en grande quantité, ce qui confirme les résultats des diffractogrammes des rayons X. Les macles du gypse sont généralement grandes, et la halite présente une structure cubique habituelle (Fig.4 et 5).

3.2 - Les solutions

3.2.1 - Géochimie des solutions naturelles:

Lorsque les eaux se concentrent, la concentration en calcium et surtout en carbonates augmente moins que celle du chlorure. Ceci indique une précipitation de la calcite (CaCO₃) dès le départ, que confirme le diagramme d'équilibre:

- vers un facteur de concentration de 1,7 le calcium n'augmente presque plus, ceci est lié à la précipitation du gypse.

- le magnésium augmente moins que le chlorure ce qui indique un mécanisme de contrôle. Ce dernier est certainement fixé par le complexe argilo-humique.

- le potassium : dans un premier temps (eaux diluées), il fait l'objet d'un contrôle, certainement par fixation sur le complexe adsorbant réputée très sélectif pour cet élément. Au delà de $\log(FC) = 1$ ($FC = 10$), le potassium se concentre proportionnellement au facteur de concentration, ce qui indique l'absence de mécanisme de fixation.

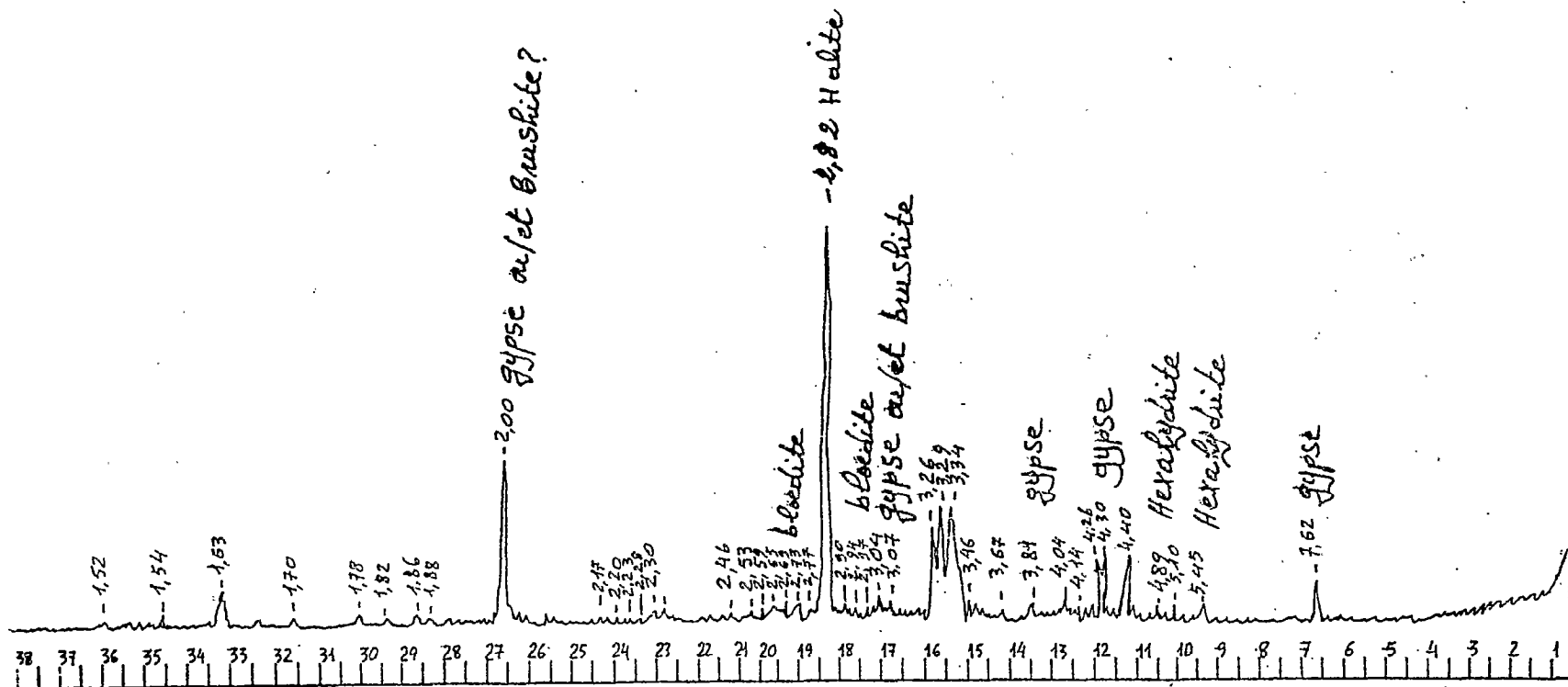


Fig 3 : Pics représentant la composition minéralogique d'une efflorescence saline d'El Oued Righ (Algérie) déterminée à partir de diffractogrammes rayons X.

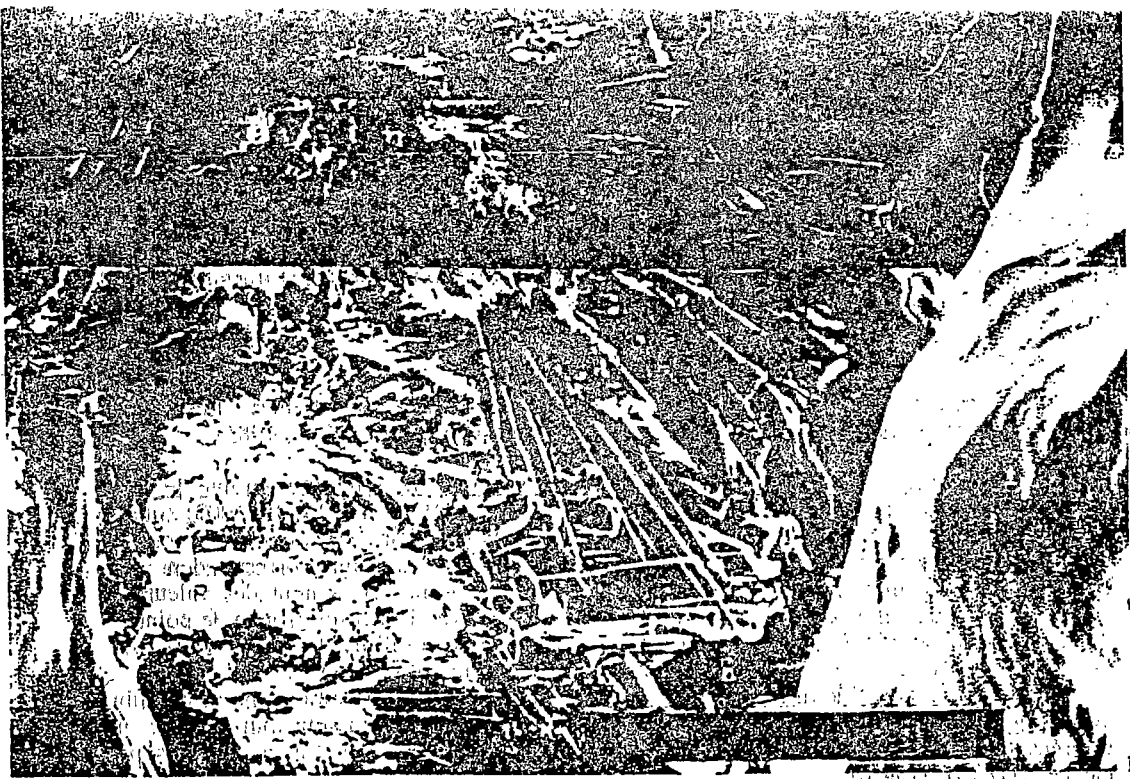


Fig 4 : Photo représentant l'abondance du gypse dans les efflorescences salines d'Algérie : Observation au M.E.B (X2000).

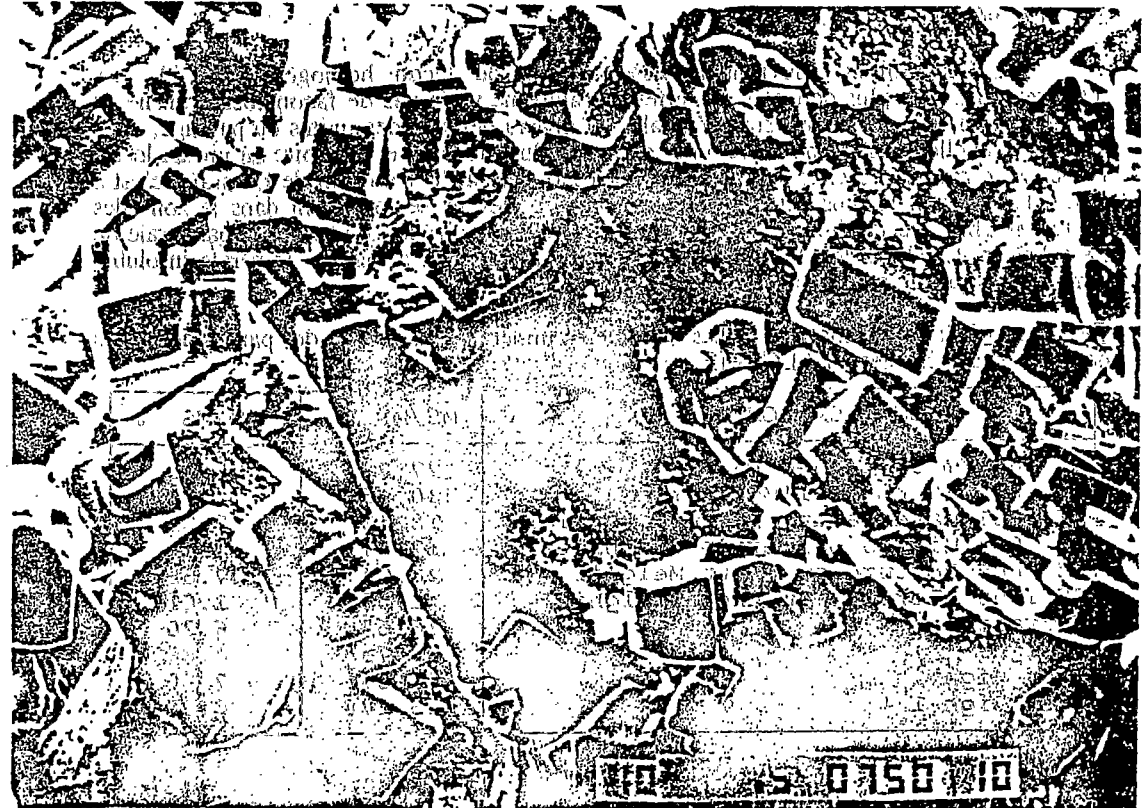


Fig 5 : Photo représentant l'abondance de la halite dans les efflorescences salines d'Algérie : Observation au M.E.B (X2000).

- le sulfate augmente moins que le chlorure ce qui est probablement lié à la participation du gypse.

- A partir de $\log (FC) = 2,7$ seuls le sodium et le chlore paraissent non contrôlés, les modalités de tous les autres éléments plafonnent. Ainsi le potassium, le magnésium et le sulfate sont alors impliqués dans la précipitation d'un ou plusieurs minéraux. A ce niveau, le chlorure et le sodium atteignent les limites de leur utilisation en tant que traceurs car leur modalité approche l'équilibre avec la halite (Fig.6).

3.2.2 - Etude de l'équilibre avec différents minéraux:

Les calculs ont été effectués sur l'ensemble des analyses fiables. Les calculs d'activités sont réalisés avec le modèle AQVA, dérivant de gypsol (Vallés, 1985).

* Diagramme d'équilibre avec la calcite et la pression partielle équilibrante de CO_2 : La plupart des points (DZ22, DZ1004, DZ100, DZ75, DZ1007, DZ25, DZ1003) sont en équilibre avec la calcite. Les pressions partielles de CO_2 sont comprises entre 10^{-2} et 10^{-3} atmosphère, c'est à dire voisines de celles des sols ($10^{-1,6}$). Ces points correspondent à des eaux profondes (puits, forages, sources). De nombreux points présentent des valeurs de pCO_2 voisines de celles de l'air, ce sont des eaux de surface. Enfin un groupe de points se caractérise par de faibles valeurs de pCO_2 : Ce sont les échantillons DZ1009 et DZ1010, qui correspondent à des eaux d'Oueds en crue juste après une pluie (Fig.7).

* Diagramme d'équilibre avec le gypse: Les solutions se maintiennent en équilibre avec le gypse jusqu'à des forces ioniques élevées. Les eaux apparaissent tout d'abord sur-saturées (échantillons DZ50, DZ1001), puis sous-saturées pour des forces ioniques plus élevées (DZ75). (Fig.8).

* Diagramme d'équilibre avec la halite: Les saumures semblent légèrement sous-saturées par rapport à la halite. Au fur et à mesure que les eaux se concentrent quelques échantillons, tels que DZ73 et DZ1007 atteignent l'équilibre avec la halite (Fig.9).

3.3 - Les végétaux

Les échantillons couvrent la zone étudiée de façon homogène (Tab.1). Les interprétations sont plus délicates. En effet, la salure ne varie pas de façon aussi franche en un même lieu. Les variations sont générales au niveau des grandes unités du paysage, c'est à dire à l'échelle décakilométrique, mais de façon plus modérée et aléatoire au niveau local. Les taux de matières sèches les plus forts correspondent à l'échantillon de Hamraïa, c'est à dire à la situation la plus salée. Les autres valeurs élevées se localisent dans la zone des chotts Melghir, Oued-Righ, N'sigha. Les valeurs les plus faibles sont dans la palmeraie de Lemghaïaer. L'échantillon DZ1008 échappe à ce palmeraie. La matière-minérale insoluble diminue lorsque la salinité augmente.

TABLEAU I :Taux de matière sèches et matières minérales insolubles des parties aériennes de salicornes prélevées en ALGERIE.

LOCALISATION	MS/MF %	MM/MS %
DZ 50 7Km de l'oued Djérid	27.78	5.38
DZ 1000 30 Km de l'Mghaier	30.35	4.27
DZ 1001 Mare saline 20 km l'Mghaier	18.43	2.23
DZ 1003 Milieu palmeraie l'Mghaier	12.61	1.63
DZ 1008 Bordure du chott Melghir	26.04	7.83
DZ 1008' Bordure du chott Melghir	4.08	1.01
Hamraïa	46.62	6.20
N'sigha	26.79	4.88
Oued Righ 1	40.04	7.80
Oued Righ 1'	35.278	6.05

AQUA: Diagramme de concentration

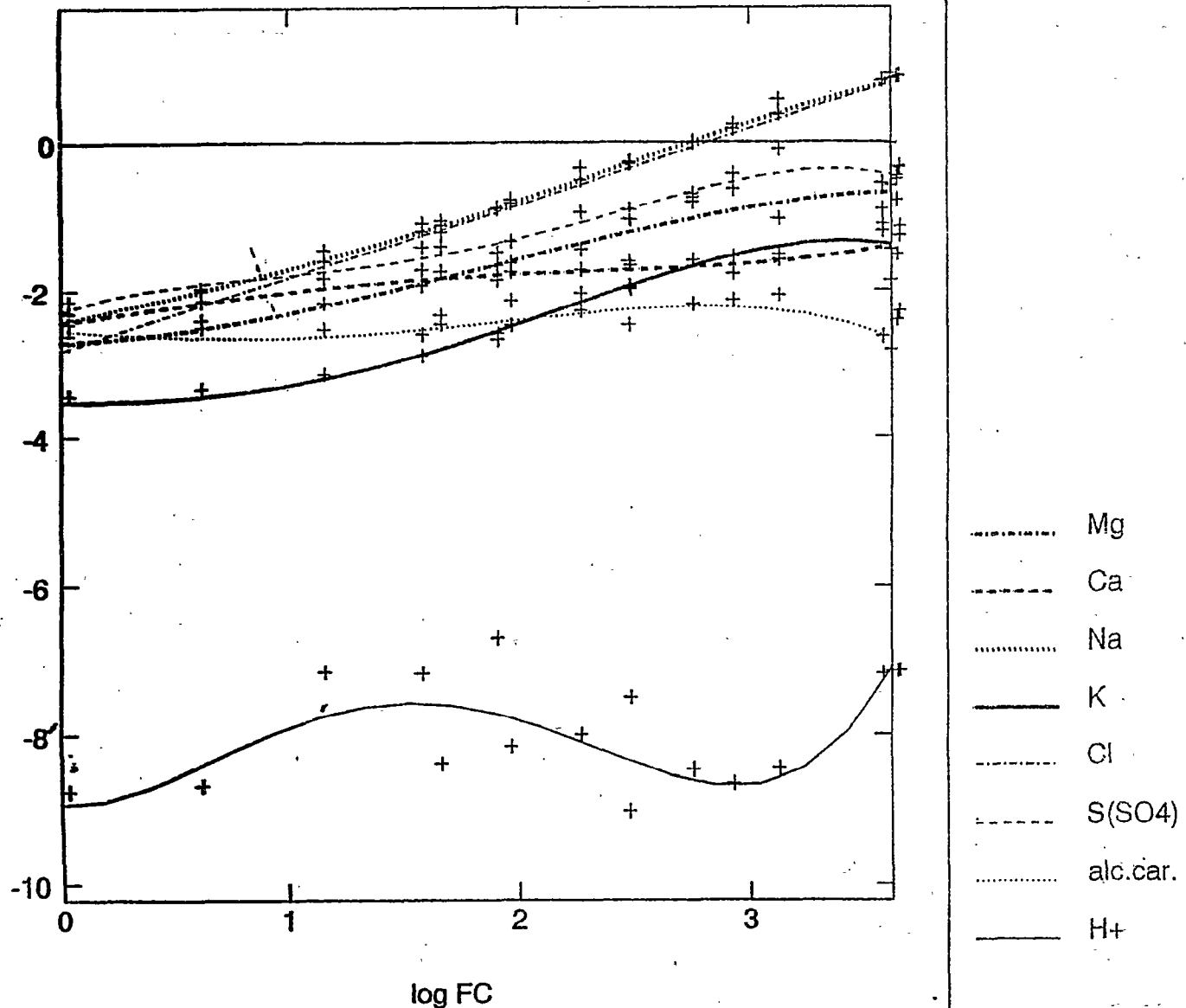


Fig. 6. : Evolution simulée de la composition chimique des échantillons des eaux algériennes au cours de leur

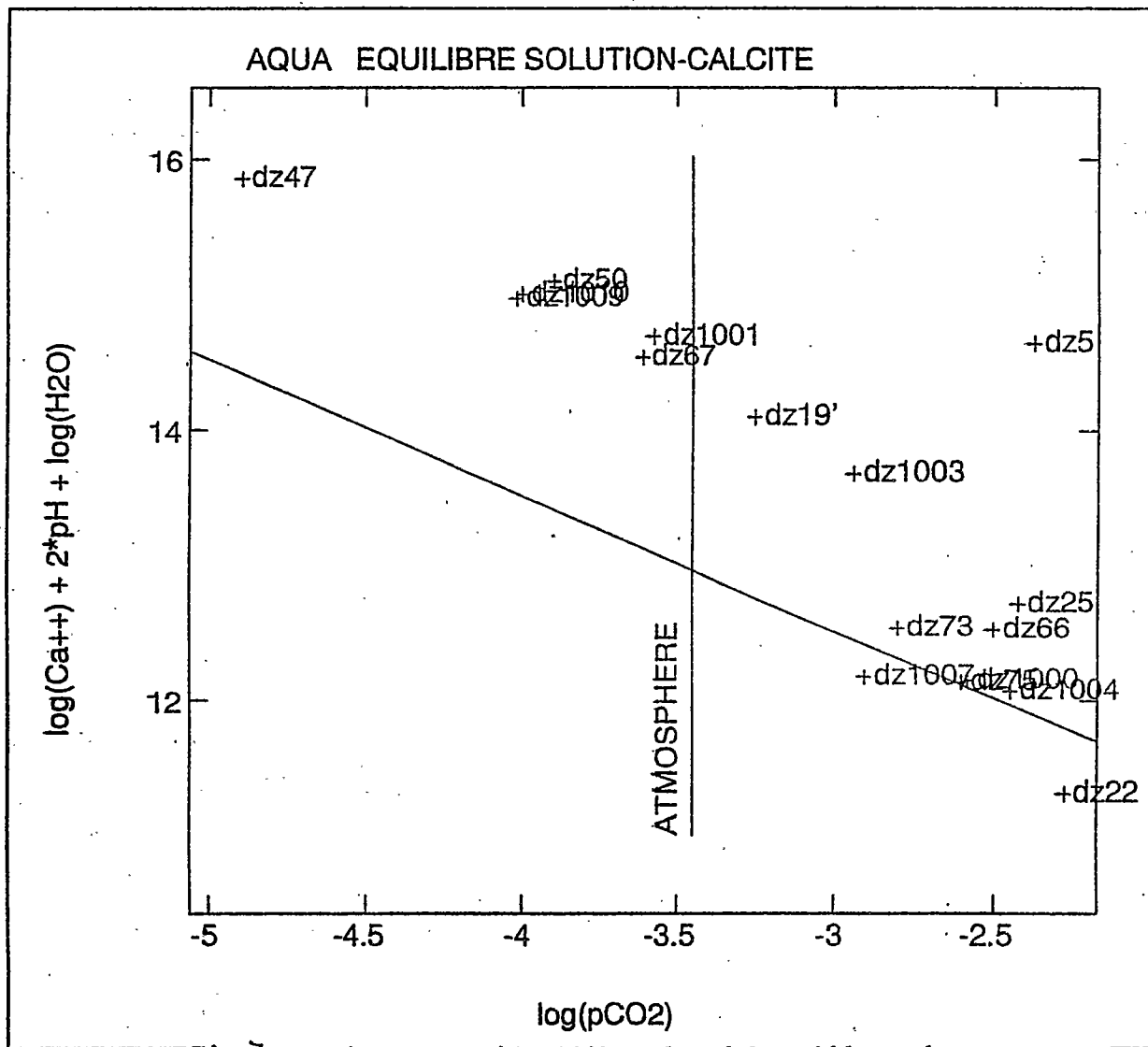


Fig 7 : Diagramme d'équilibre des échantillons des eaux algériennes par rapport à la calcite et la pression partielle équilibrante en CO₂.

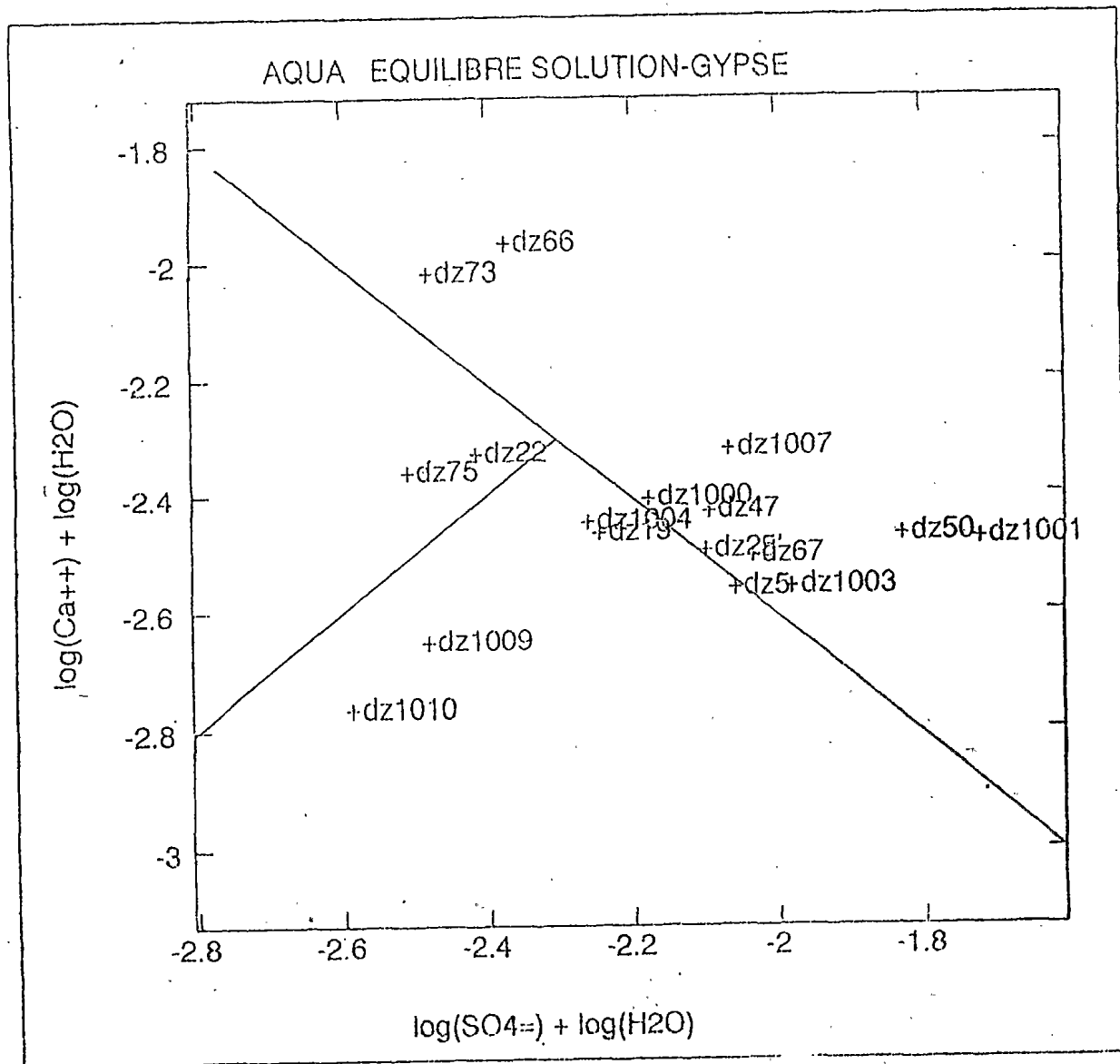


Fig 8 : Diagramme d'équilibre des échantillons des eaux algériennes par rapport au gypse.

البيانات من المحاليل المائية

البيانات من المحاليل المائية

AQUA EQUILIBRE SOLUTION-HALITE

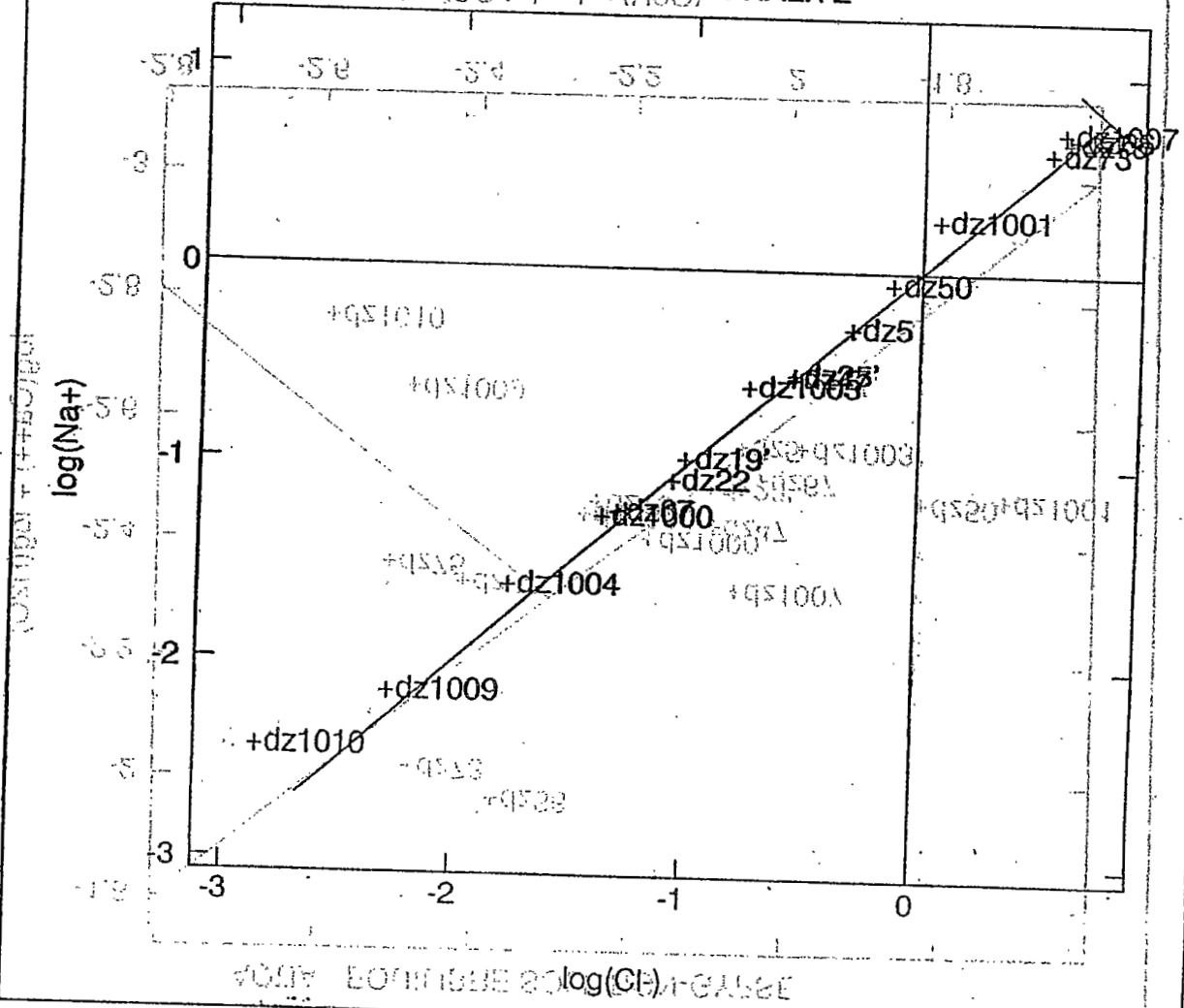


Fig. 9 - Digramme d'équilibre des échantillons des eaux algériennes par rapport à la halite.

CONCLUSION

La zone étudiée présente un climat aride à désertique, marqué par un déficit hydrique important et un réseau hydrographique endoréique.

Ces conditions générales conduisent dans les deux cas à la formation de sols salés et de saumures de type chloruré-sulfaté sodique.

Tout au long de leur cheminement le faciès chimique des eaux change: du carbonaté-sulfaté calcique, il devient chloruré sodique.

Les salicornes se distribuent de manière ordonnée par rapport au sel: développement important dans le milieu salé et diminution de la taille dans le milieu hyper salé. Avec l'augmentation de la salinité, les salicornes en pleine croissance contiennent moins d'eau. Les matières sèches contiennent moins de minéraux insolubles signe de la difficulté d'absorption.

Ce travail est à poursuivre pour mieux cerner les mécanismes d'absorption des chlorures et sulfate de sodium par le genre *Salicornia*.

BIBLIOGRAPHIE

- GAUSSEN H. LEORY J.F. et OZENDA P., 1982- Précis de botanique T.2. Végétaux supérieurs, 2ème ed. Masson, 580 p.
- HUISKES A.H.L., SCHAT H. and ELENBAAS P.F.M., 1985- Cytotaxonomic status and morphological characterization of *Salicornia Dolichostachya* and *Salicornia brachystachya*. Acta Botanica Neerlandica, 34: 271-282.
- JEFFERIES R.L., DAVY A.J., and RUDMIK T., 1981- Population biology of the salt marsh annual *Salicornia europea* agg. Journal of Ecology, 69: 1-15.
- JEFFERIES R.L. and GOTTLIEB L.D., 1982- Genetic differentiation of the microspecies *Salicornia europea* L. (Sensu stricto) and *S. ramosissima* J. Woods. New Phytologist, 92: 123-129.
- QUEZEL P. et SANTA S., 1962- Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales. T.1. Ed. C.N.R.S., 558 p.
- UNGAR I.A., BENNER D.K. and Mc GRAW D.L., 1979- The distribution and growth of *Salicornia europea* on an inland salt pan. Ecology, 60: 329-336.
- UNGAR I.A., 1987 b- Population ecology of halophyte seeds. Bot. Rev., 53, 3: 301-334.
- VALLES V., 1985- Etude et modélisation des transferts d'eau et de sels dans un sol argileux. Application au calcul des doses d'irrigation. Thèse Doct., INP Toulouse 15, 146 p.
- WILKON- MICHALSKA J., 1985- Structure and dynamics of the inland populations of *Salicornia patula*. Vegetatio, 61: 145-154.

USE OF HIGHLY SALINE WATER FOR IRRIGATION

Gilani, M. ABDELGAWAD, Farouk SHAWA, Fadel KADORI

ACSAD- Soil Science Division Syria.

Abstract: The water was obtained by mixing agriculture drainage water with fresh Euphrates water. We used different leaching fractions to maintain low salinity status of the irrigated lands.

The data obtained shows the yield of the crops increases with leaching fraction; for example, the yield of alfalfa for 50 - 50 % mixing ratios and 15 % leachnig fraction is 87 % of the yield of fresh water, there is a saving of fresh in amount of 57 %.

The salinity of the soil is also monitored: ECe of soil does not go beyond 3.5 millisimens / cm / 25°C for the highest saline water used.

1. Introduction

Irrigated agriculture depends on adequate water supply of usable quality. Water quality concerns have been often neglected because good quality water supplies have been plentiful and readily available. This situation is now changing in many areas of the world. Because of intensive use of nearly all good quality supplies, that new irrigation projects and old projects seeking new or supplemental supplies must rely on lower quality and less desirable sources. To avoid problems when using these poor quality water supplies, there must be sound planning to ensure that quality of water available is put to the best use.

In several circumstances, especially during the horizontal agricultural expansion, the planners usually tend to use good quality water to irrigate development projects, while neglecting the use of low quality water, and even they pay no attention at all to such water. In order to utilize good quality water for longer period without exposing it to any kind of deterioration, it is important to mix it with higher saline water. Intensive use of good quality water leads to a decrease of the amount of this water and deterioration of its quality.

Most experiences in using water of high salinity has been gained from experience in using water, and detailed study of problems that develop following use (Abdelgawad et al, 1981).

Saline water is being used in several places of the world (FAO, 1990) but its use requires careful management to cope with the potential problems related to the water. Often this water is the only supply available and while crop yields may not be at a maximum, they continue to provide economic return. Different research papers discuss the use of saline and high saline water in irrigation. Example of these are: Hoffman et al (1983 a), Mass and Hoffman (1983), ACSAD (1986, 1987), Dutt. et al (1984). Rhodes (1984 a, b, c, 1986, 1990), Abdelgawad (1980-1993). Hazen Sawyer (1979). FAO, (1990), Meiri (1990), Pasternak (1986), Hamdy (1990). Penkov (1990). Szabolcs (1990-1992).

There is a growing demand for fresh water for domestic, agricultural and industrial purposes and this situation increases the need for the use of saline water for agriculture in the Arab world, noting that the available agricultural lands which can be cultivated in the Arab world constitute 132 million hectares, of which 43 millions are being cultivated (Juma, 1991). The land under cultivation constitutes 32.58 % of the available cultivated lands.

The low percentage of the actual cultivated land in the Arab world is the main result of the shortage of water quantity and decline in water quality.

ACSAD has initiated 8 years ago a programme for using saline water and salt affected soils for agriculture. The studies were carried out in both Qatar and Tunisia. The potential use of both saline water and salt affected soils was discussed in several ACSAD papers (1986, 1987, 1990, 1991).

The above studies focused on the use of water with salinity levels up to 2000 mg/litter 3.13 dS/m.

This research paper studies:

- The use of saline water (obtained from different mixing ratios of agriculture drainage water and good quality water) for irrigation of Alfalfa (*Medicago Sativa*), Barley (*Hordeum Vulgare* and Cotton (*Gossypium Hirsutum*) irrigated with the above-mentioned irrigation water using different leaching fractions are presented here.
- The prediction (through the use of computer) of soil salinity increases when water of different salt levels is used for irrigation and its comparison with laboratory analyses and field measurements.

2. Materials And Methods

This research was carried out during 1991/1992 and 1992/1993 at ACSAD experimental station in Der El Zoor, Syria.

The water used for irrigation is from agricultural drainage water with an average ECd.w. 13.86 dS/m, (D) mixed with the Euphrates river water from irrigation canal (EC. RF = 1.55) (In this paper D stands for agricultural drainage water and E stands for Euphrates river water).

The ratios of mixing used for this study are: [100(E)-0(D)], [70-30], [50-50], [30-70], [20-80], [0-100]. The waters tanks from both sources. Those mixed ratios are used to irrigate Alfalfa (*Medicago Sativa*), Barley (*Hordium volgare*, ACSAD 176), and Cotton (*Gossypium Hirstum*), (Der El-Zoor 22).

The amounts of water added were based on ACSAD previous studies on crop water requirements to which was added certain amounts of water to leach salts equivalent to 0, 15, 30 % of the requirements. These amounts are from water mixtures.

The design of the experiments was randomized blocks with six replicates and plot size of 55 m².

The experiments were irrigated with flood irrigation system. The soils of these experiments are classfield under U.S. Soil Taxonomy as Torrifluvents, loamy in texture, with soil pH 7.5, ECe value of dS/m, and 15-25 % CaCO₃.

Piezometers were placed in each experiment to monitor water table depth and ECs.w, every 48 hours after irrigation and at the end of one week from irrigation day.

Soil samples were collected periodically during growing seasons from barley and Cotton fields and three times a year from alfalfa fields. The following analyses were carried out on these soil samples :ECe, pH, Soluble cations and anions, CaCO₃ %, CaSO₄.2H₂O %, Available Nitrogen, Phosphorus and Potassium. The methods of analyses were carried out according to soil chemical analyses edited by Page 1982 and ACSAD methods of soil analyses 1987.

Yields of barley and alfalfa were presented in this paper on oven dry basis and those of Cotton were on air dry basis.

The prediction of soil salinity increases when water of different salt levels is used for irrigation was carried out by Watsuit model (Rhoades, 1990), which was modified by the author in 1993.

All data presented in this paper represent the mean of 12 replicates of each treatment for the growing seasons 1991/1992 and 1992/1993.

3. Results and Discussion

The mean amounts of water added to Alfalfa crop with different leaching fractions (0, 15, 30%) are shown in tables 1, 2, 3. The mean ECs.w used for irrigation during growing seasons ranger from 1.55 to 13.2 dS/m.

Table (1): the mean amount of water added (in m^3/ha) with leaching fraction zero % for Alfalfa

Ratio of Mixing E - D	ECiw	m^3/ha E - D
100 - 0	1.55	32430 - 0
70 - 30	5.05	22701 - 9729
50 - 50	7.50	16215 - 16215
30 - 70	9.80	9729 - 22701
0 - 100	13.20	0 - 37290

As an example to show the amount of irrigation water from drainage water for 15 % leaching fraction is 57.49 % while from Euphrate river water is 42.51 % with regard to zero leaching fraction treatment of fresh rivers water. Table (2) illustrates that:

Table (2): the mean amount of water added (in m^3/ha) with leaching fraction 15 % for Alfalfa

Ratio of Mixing E - D	ECiw	m^3/ha E - D
100 - 0	1.55	32290 - 0
70 - 30	5.05	26103 - 11187
50 - 50	7.50	18645 - 18645
30 - 70	9.80	11187 - 26103
0 - 100	13.20	0 - 37290

For the 30-70 % of mixing ratios of Euphrates to agricultural drainage waters the amounts of water used is 19.6 % from Euphrates river water (ECiw 1.55) and 80.4 % from agricultural drainage water (ECiw 13.20).

The amounts of water for the leaching fraction 30 % is relatively too high: this is shown by the reduction of yield due to leaching of soil nutrient out of the root zone.

Table (3): the mean amount of water added (in m^3/ha) with leaching fraction 30 % for Alfalfa

Ratio of Mixing E - D	ECiw	m^3/ha E - D
100 - 0	1.55	42105 - 0
70 - 30	5.05	29474 - 12631
50 - 50	7.50	21053 - 21052
30 - 70	9.80	12632 - 29474
0 - 100	13.20	0 - 42105

3.1 - Effect of salinity and leaching on yields

The high amount of water added and relatively high amount of drainage water used increased the salinity of soil water, which had some effect on the decrease of yield as shown in table (4).

Table (4): Yield of Alfalfa in Ton/ha for two years as a function of water mixing, salinity levels and leaching fraction:

Mixing ratio E - D	ECiw	Mean* yield (Ton/ha)		
		0	15	30
100 - 0	1.55	26.20	28.75	27.00
70 - 30	5.05	23.20	24.13*	22.00
50 - 50	7.50	16.88	22.80**	18.50
30 - 70	9.80	14.30	16.20	11.40
0 - 100	13.20	5.00	5.58	3.80
Mean	-	17.24	19.50	16.54

* Mean yield of six replicates for each year.

As shown in table 4, the mean yield for three leaching fractions are 17.24, 19.5 and 16.54 tons/ha respectively for 0, 15, 30 % leaching fractions. As shown, the yield increases with leaching fraction then decreases. The data shows that leaching fraction of 15 % had a significant effect on the increase of yield. There is a little decrease for 30 % leaching fraction yield treatments when compared with 0 % and 15 % leaching fractions. This is mainly due to leaching of soil nutrients and the increase of agricultural drainage water.

The yield of Alfalfa for 15 % leaching treatment and for 50-50 mixing ratios is 22.8 ton/ha, which is higher than that for zero and 30 % leaching fractions; this yield is 87 % of the yield of fresh river water treatments of zero % leaching fraction treatment. It is obtained by 57.49 % of agricultural drainage water used as mentioned before. In other words we saved 57.49 % from fresh water. This yield is 79.3 % of the yield of 100 % fresh water treatment and 15 % leaching fraction. The amount of water used from fresh water is 49.7 %, i.e. it is only about 50 % of the total water requirement applied from fresh water.

The mean amounts of water added to Barley for the years 1991 and 1992 for the three leaching fractions are shown in tables 5, 6 and 7.

Table (5): Average amount of water added in m³/ha for Barley and its average ECiw during growing season for 0 % leaching fraction:

Ratio of mixing E - D	ECiw	m ³ /ha
		E - D
100 - 0	1.60	3600 - 0
70 - 30	5.10	2520 - 1080
50 - 50	7.30	1800 - 1800
30 - 70	9.44	1080 - 2520
0 - 100	13.50	0 - 3600

There is a slight difference between measured and the calculated values of the ECiw of the mixtures, knowing that the data presented in this paper are based on actual measurements of ECiw of the mixtures during each irrigation time. Table 6 shows the amount of water added to barley crop during irrigation season with 15 % leaching fraction.

Table (6): Average amount of waters added in m³/ha for Barley with leaching fraction of 15 %:

Ratio of mixing E - D	ECiw	m ³ /ha E - D
100 - 0	1.60	4140 - 0
70 - 30	5.10	2968 - 1172
50 - 50	7.30	2070 - 2070
30 - 70	9.44	1172 - 2968
0 - 100	13.50	0 - 4140

In the table 6 the amount of water used from agricultural drainage water for 15 % leaching fraction treatment, is 57.5 % of water requirement of Barley practically used by farmers when they irrigated with fresh river water.

In table 7 the amounts of water added to Barley experiments with 30 % leaching fraction are as follows:

Ratio of mixing E - D	ECiw	m ³ /ha E - D
100 - 0	1.60	4680 - 0
70 - 30	5.10	3272 - 1404
50 - 50	7.30	2340 - 2340
30 - 70	9.44	1404 - 3276
0 - 100	13.50	0 - 4680

Table (8): The average grain yield of Barley in Ton/ha as a function of leaching fraction mixing ratios and salinity level:

Mixing ratio E - D	ECiw	Ton/ha		
		0	15	30
100 - 0	1.60	4.85	4.95	4.52
70 - 30	5.10	4.21	4.24	3.74
50 - 50	7.30	3.10	3.56	3.24
30 - 70	9.44	2.40	3.10	2.51
0 - 100	13.55	1.50	1.69	1.33
Mean	-	3.2	3.5	3.1

The mean yield of Barley increases with leaching fraction then decreases (table 8). The data also shows that with 70 % agricultural drainage water we can obtain more than 2,5 ton/ha, that is the average yield in the state farms using with 100 % Euphrates rivers water.

The 3.56 ton/ha is obtained by 57.5 % agricultural drainage water, which means we saved 57.5 % of Euphrates river water in this experiment. The straw yield of Barley is presented in table 9.

Table (9): Mean yield of Barley straw in ton/ha as a function of leaching fraction and water mixing ratios:

Mixing ratio E - D	ECiw	Mean* yield (Ton/ha)		
		0	15	30
100 - 0	1.60	13.4	12.0	12.7
70 - 30	5.10	12.0	12.0	10.4
50 - 50	7.30	8.9	9.7	8.7
30 - 70	9.44	6.9	7.3	6.4
0 - 100	13.55	4.0	4.3	3.6
Mean	-	7.04	9.06	8.36

The straw data shows that there is no difference between the means of 0 and 15 leaching fractions and that these are higher than the mean yield for the the fraction.

The amounts of water used for irrigation of Cotton for 0, 15, 30 % leaching fractions are 9455, 10872 and 12291 m³/ha with EC_{iw} value for water mixtures ranging from 1.55 to 13.2 dS/m. The amounts of water of different mixtures with different leaching fractions could be calculated in the same manner as Alfalfa and Barley water amounts.

The yields of Cotton are presented in table 10 as a function of mixing ratios, leaching fraction and levels of salinity.

Table (10): Cotton yield in Kg/ha as a function of mixing ratios, leaching fractions and salinity levels:

Mixing ratio E - D	EC _{iw}	Kg/ha		
		0	15	30 %
		(1)	(1)	(1)
100 - 0	1.6	3364	3636	2727
70 - 30	5.9	2727	2909	2091
50 - 50	7.5	2227	2763	1682
30 - 70	9.8	1727	1796	1227
20 - 80	11.0	1227	1341	909
0 - 100	14.0	864	773	614
Mean	-	2023	2203	614

* Mean EC_{iw} of irrigation water during growing seasons.

(1) Mean of 12 replicates (2 x 6 / year).

The mean of Cotton yield ranges from 2023, 2203 and 1544 Kg/ha for 0, 15, 30 % leaching fractions respectively. There is a drastic decrease of yield for the 30 % leaching fraction. This is might be due to leaching of nutrients from root zones, especially nitrogen. The soil analyses during the growing seasons clarified this phenomenon.

3.2 - Salinity Monitoring at Experimental Plots

Salinity monitoring was carried out through two ways:

1. By placing 48 piezometers at the crop experimental plots, and measuring the water table depth and its salinity [EC_{sw}] (every 48 hours and after a week from the irrigation day).

2. By collection of soil samples at various soil depth.

These measurements were carried out during the growing seasons of Barley and Cotton and during the growing years of Alfalfa.

Table (11): Average piezometers reading of EC_{sw} and depth* of water table for Alfalfa experiments as a function of water mixing ratios and leaching fraction:

Leaching fraction	E - D	EC _{iw} *	EC _{sw} *	W.T.D cm
Zero %	100 - 0	1.55	26.20	196
	50 - 50	7.50	23.20	192
	20 - 80	10.54	16.88	189
15 %	100 - 0	1.55	14.30	182
	50 - 50	7.50	5.00	188
	20 - 80	10.54	5.38	194
30 %	100 - 0	1.55	3.00	176
	50 - 50	7.54	4.83	184
	20 - 80	10.54	6.87	191

* Average for two years reading
W.T.D: Water table depth in Cm

} after a week from irrigation day

Table (11) shows the data of the piezometers reading of Alfalfa experimental plots. The EC_{sw} measurements are found below the assumed values of EC_{sw} = 3 EC_{iw}. An example to explain this: in table 11 for 15 % leaching fraction treatment, the EC_{iw} of 50-50 % mixing ratios is 7.5 dS/m. According to the above assumption the EC_{sw} should be 22.5 dS/cm, which is much higher than average readings of the piezometers for two years

which is 5.86 dS/m. This is very astonishing to us; and we found that the only explanation is the dilution of EC_{sw} from surrounding fields, the winter rainfall (about 150 mm) and the precipitation of gypsum and lime which lower soil water salinity.

The leaching fraction has a lower effect upon leaching of salts than the mixing ratios, this is due to the amount of water added of the drainage water as well as precipitation of gypsum and lime, as will be shown from detailed soil studies and prediction of salt precipitation by computer model.

The piezometers readings from Barley experimental plots are shown in table 12:

Table (12): * Average piezometers reading of EC_{sw} & depth of water table
for Barley experiments as function of water mixing ratios and leaching fraction:

Leaching fraction	E - D	EC _{iw} **	EC _{sw} **	W.T.D (1) cm
Zero %	100 - 0	1.55	3.6	146
	50 - 50	7.50	3.7	148
	20 - 80	10.54	4.62	166
15 %	100 - 0	1.55	3.88	153
	50 - 50	7.50	5.15	182
	20 - 80	10.54	5.72	186
30 %	100 - 0	1.55	4.66	158
	50 - 50	7.54	6.98	146
	20 - 80	10.54	6.70	152

E = Euphrates river water
D = Agricultural drainage water % readings
** = Average of growing seasons
in dS/m
1 = water table depth

The data still holds the same remarks as far as the relation between the EC_{iw} and EC_{sw} for 50-50 and 20-80 mixing ratio. The leaching fraction has obvious effect upon leaching of salts. The water table depth is shallower than the water table depth of Alfalfa experimental plots.

The piezometer readings of EC_{sw} and water table depth of Cotton experimental plots are presented in table (13):

Table (13): Average piezometers reading of EC_{sw} and water table depth
for Cotton experiments as a function of water mixing ratios and leaching fraction:

Leaching fraction	E - D	EC _{iw} (1)	EC _{sw} (1)	W.T.D (2) cm
Zero %	100 - 0	1.55	2.8	150
	50 - 50	7.50	3.7	142
	20 - 80	10.54	5.4	141
15 %	100 - 0	1.55	3.0	130
	50 - 50	7.50	3.6	130
	20 - 80	10.54	5.2	129
30 %	100 - 0	1.55	3.8	135
	50 - 50	7.54	5.4	138
	20 - 80	10.54	6.2	138

(1): dS/m
(2): water table depth (cm).

Generally EC_{sw} values of Cotton fields are less than for Barley and Alfalfa. Still the same remarks hold for the relationship between EC_{iw} and EC_{sw} for the water mixing ratios of 50-50 and 20-80 %. The water table depth is shallower than Barley and Alfalfa experimental plots water table depth.

The chemical analyses of irrigation water used in the computer model for prediction of soil salinity is shown in table (14).

Table 14: * Chemical composition of irrigation water in meq/l used for the computer model:

	E	E - D	E - D	D
	100 %	50 - 50	20 - 80	100 %
pH	7.33	7.4	7.75	7.65
EC dS/m	2.12	11.88	13.67	14.1
Ca ⁺⁺	11.2	23.2	21.8	24.0
Mg ⁺⁺	6.8	24.4	24.0	26.6
Na ⁺	4.5	58.0	61.0	70.5
K ⁺	0.3	0.34	0.25	0.26
Cl ⁻	3.0	15.2	15.6	17.8
SO ₄ ⁻⁻	15.4	84.4	86.0	97.86
HCO ₃ ⁻	4.4	6.4	5.4	5.7
CO ₂ ⁻⁻	-	-	-	-
SAR	0.75	12.1	12.7	14.0

* : August 14. 1992

We used this analyses because it contains the highest concentration of ions during growing seasons.

Prediction of average soil salinity profile (EC_{sw}), soluble ions, gypsum and CaCO₃ contents are shown in table (14). This prediction is based on the watsuit model of Rhoades (1976 and 1990), as modified by Abdelgawad 1993.

Table (15): Average chemical composition of soil water and CaCO₃, CaSO₄, 2H₂O as predicted from computer model in soil profile:

Parameter	E 100 %			E - D 50 - 50			E - D 20 - 80		
	0.05 *	15	30	0.05	15	30	0.05	15	30
pH	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
EC dS/m	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
Ca ⁺⁺	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
Mg ⁺⁺	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
Na ⁺	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
K ⁺	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
Cl ⁻	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
SO ₄ ⁻⁻	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
HCO ₃ ⁻	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
CO ₂ ⁻⁻	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4
SAR	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4

E = Euphrates river
D = Agricultural drainage water
* = Leaching fractions
(1) = meq/liter

The data of table 15 is for 0.05 , 15 , 30 % leaching fractions. The zero % leaching fraction was not possible by the model.

Instead of zero % leaching fraction we used 0.05 % leaching fraction for mixing water ratios. The average EC_{sw} for 0.05 % leaching fraction is 31.59 dS/m for 20-80 mixing ratios. This value is very high for growth of plants and if this is the case then no yield is expected, however, the obtained data of Alfalfa yield for zero % leaching fraction for the above mixing ratios is 14.3 tons/ha (table 4). This means that the model predicted the worst condition of salinity accumulation (Rhoades 1990).

The average SAR of the soil profile for 0.05 % , 15 % and 30 % leaching fractions and mixing ratios of 20-80 % are 33.3, 25.42, 20.42 respectively. These values are generally high for Euphrates soils. The yields of Alfalfa, Barley, Cotton for 0 % leaching fraction of 20-80 % mixing water ratio treatment are 10.0, 1.61 and 0.9 tons/ha respectively. These values do not correspond with the high EC_{sw} and high SAR values predicted by the model.

The model predicted high concentration of Mg relative to calcium ion. Especially for 50-50 % mixing ratios this phenomenon has been reflected upon Ca to Mg ratios which are lower than the recommended values, which are higher than one. These Ca/Mg values of lower than one in this study may cause more damage to the dispersion of soil clays as a result of aggregate breakage, and the SAR in this case will have more effect on dispersion

of clays, and increase of the formation of soil crusts as well as nutritional problems for plants.

The model predicted the precipitation of gypsum and lime, their rate of precipitation is a function of drainage water % used and leaching fraction. Table (16) illustrates this phenomenon.

Table (16): Gypsum and lime contents in meq/liter of soil water table as a function of water mixing ratios leaching fraction and depth of soil profile:

100 % E						
*Soil Depth	Gypsum			Lime		
	0.05	15	30	0.05	15	30
0	0.00	0.0	0.0	2.30	2.3	2.3
1	0.00	0.0	0.0	3.11	2.66	2.08
2	0.00	0.0	0.0	7.28	4.92	2.59
3	27.51	7.08	0.0	22.00	11.43	4.86
4	124.86	26.47	0.21	74.37	20.13	6.89

100 % E						
*Soil Depth	Gypsum			Lime		
	0.05	15	30	0.05	15	30
0	0.00	0.0	0.0	4.11	4.11	4.11
1	9.49	7.57	5.06	4.08	4.56	3.90
2	39.13	29.21	19.23	8.36	5.86	3.46
3	114.78	65.53	35.7	24.95	12.00	4.78
4	356.71	112.88	49.59	88.67	21.33	5.90

100 % E						
*Soil Depth	Gypsum			Lime		
	0.05	15	30	0.05	15	30
0	0.00	0.0	0.0	3.08	3.08	3.08
1	9.07	7.19	4.73	3.40	2.49	2.46
2	38.57	28.53	18.74	5.21	3.25	1.38
3	112.47	64.21	34.46	17.47	7.51	1.90
4	349.55	110.7	48.62	67.94	14.33	2.33

E = Euphrates river water D = Agricultural drainage water
 * = Soil depth as cited in FAO 1990 and Rhoades 1976-1990

Soil salinity monitoring by collection of soil samples and analysing them periodically are presented in table (17) for zero % leaching fraction because we expect the highest concentration of salt accumulation will be in this treatment. This data presented are for 100 % E, 50-50 %, 20-80 % mixing ratios.

Generally there is an increase of EC_e of soil for the experimental plots irrigated with saline water, to about three times when compared with EC_e of the soil before irrigation with saline water.

The relation between EC_{sw} predicted by the model and EC_{sw} of soil water from analyses of soils periodically shows that the EC_{sw} predicted by the model is close to the actual measured values for 50-50 and 20-80 mixing ratios. The EC of soil water obtained from piezometer readings is lower than the EC_{sw} of the actual measured by soil analyses.

The ratio of Ca/Mg from table (17) soil analyses differ from Ca/Mg-ratios predicted from the model, and generally in both cases there is an increase of Gypsum content. The SAR decreases with the increase in leaching fraction and increases with the increase of

agricultural drainage water percentage. The SAR at the soil surfaces is higher than lower surfaces. This explains the formation of soil surface crusts in the lower Euphrates agricultural area of Syria.

CONCLUSION

This work enabled us to study the effect of some irrigation water parameters on yields of Alfalfa, Barley and Cotton, on the soil and water table. As example the 87.0 % yield of Alfalfa has been obtained by 43 % of Euphrates river water 57 % agricultural drainage water, which means that we saved in this study 57 % of Euphrates river water.

Soil salinity in the experimental plots monitored through collecting of soil samples periodically and analysing them, was found to be comparable to the salinity predicted by the computer model.

The gypsum content in the soil profiles increases and became close to the soil surface as increases the agricultural drainage water percentage in the irrigation mixtures

The Ca/Mg ration decreases with an increase in agricultural drainage water percentage. This might have a harmful effect upon nutrient status and nutrient uptake by these crops.

The surface soil SAR has been found to increase with the increase of agricultural drainage water. There was precipitation of calcium as calcium carbonate and gypsum at subsurfaces of the soil, and leaching of excess calcium and magnesium from the surfaces to subsurface soils in all kinds of treatments. We think this is the reason for surface soil crust formation in the area.

Table (17): Average soil chemical analyses of Alfalfa experimental plots for two years for zero % leaching fraction:

Soil depth cm	Mixing ratio E-D	pH	EC ⁽¹⁾ dS/m	Soluble ions Meq/liter				Gyp. %	Lime %	SAR
100-0										
0-10	7.89	5.90	21.0	Mg	Na	K	Cl	SO ₄	HCO ₃	
10-20	7.83	6.72	19.0	34	34	0.2	23.2	21.0	1.10	0.33
20-30	7.83	9.72	17.0	42	42	0.3	18.0	29.0	1.32	0.30
30-50	7.76	9.71	20.0	44	44	0.4	33.0	55.3	1.24	0.34
Mean				37.3	40	0.34				
50-50										
0-10	7.66	11.83	34.0	28.0	77	0.4	56	81	2.0	0.7
10-20	7.69	8.66	33.0	19.0	68	0.4	44	74	2.3	0.2
20-30	7.57	8.41	33.0	19.0	68	0.4	44	74	2.3	0.2
30-50	7.57	8.17	33.0	13.3	66	0.4	43.7	63	2.1	0.47
Mean										
20-80										
0-10	7.77	13.28	37.0	28.0	95	0.4	53	106	2.1	0.6
10-20	7.77	8.84	36.0	20.2	89	0.35	40	71	1.97	0.3
20-30	7.10	8.10	36.0	20.4	49.7	0.35	38	64	1.93	0.2
30-50	7.6	10.4	36	22.9	67.9	0.35	42.7	80.3	2.0	0.43
Mean										

1. ECe of soil saturation extract
 E = Euphrates river water
 D = Agricultural drainage water

REFERENCES

- ACSAD, 1986- Use of saline water for irrigation of forage crops in Qatar. No. 3 - Division of Soils 85/1987 - p. 1-82.
- ACSAD, 1987- Use of slightly saline water for irrigation of olive trees in Tunisia, publications of ACSAD No. 78 - Division of Soils -pages 1 - 34.
- ACSAD, 1987- Methods of soil, water and plant analyses ACSAD /ss/ p/pages 1 - 98.
- Dutt. G.R. pennington D.A. and Turner F. JR, 1984. Irrigation as a solution to salinity problems of river basin. In: salinity in water resources and reservoirs, R.H. French (ed) Ann Ar Bor science. pp. 465 - 472.
- Abdelgawad, G., 1993- Rationalisation of the use of water of different sources and salinity in Arab agriculture and its environmental effects - under publication (ACSAD) 1993 pages 70.

- Abdelgawad, G., G. K Mahmoud, M. El Bakhbaki and El-Salawi, 1981- Water resources quality for irrigation in Libya. Published in water and fertilizer use for food production in arid and semi-arid zones symposium. Publication of international committee, center of Fertilizer. Pages 71 vienna - Austria.
- Hoffman G. J. and Van Genuchten, M. T., 1983- Soil properties and efficient water use, water management for salinity control IN. limitation to efficient water use and crop production. Taylor H. M. Jordan W. and Sinclair T (eds) ASA. Medison Wiscansin pp. 77-85.
- Juma, H. F, 1991- Report on agricultural areas in Arab world. Report by the Arab Organization for Agricultural Development. Khartum. Sudan page 1 - 50.
- Hamdy A., 1990- Crop management under saline irrigation practices in FAO publication of AGL/MISC/16/90. pp. 108 - 116.
- Mass E.V. and Hoffman G.J., 1983. Crop salt tolerance current assessment ASCE. J. irrig. and drainage Div. 102 IR 2: 115 - 134.
- Meiri A., 1990- Management under saline water irrigation in FAO publication of AGL/MISC/16/90 pp. 89 - 107.
- Penkov A. Mondesbka - Nedjalkova, 1990- Possibilities for irrigation with sea water of different farm crops in Rendzina with calcareous plate in Bulgaria. In volume V. publication of 14th International congress of soil science Kyoto - Japan 1990 - pp. 131 - 136.
- Rhoades J. D., and Gorwin D. L. 1986- Monitoring of soil salinity J. soil and water conservation 39 (3): 172 - 175.
- Rhoades J. D., 1984 a- Using saline water for irrigation. Proc. Int. I. workshop on soils of Latin America. Maracay, Venezuela, 23 - 30 OCT. 1989 pp. 22 - 52 publ. in scientific review on arid zones research vol. 2:233-264.
- Rhoades J. D., 1984 b- Reusing saline drainage water for irrigation a strategy to reduce salt loading of rivers: In: salinity in water resources and reservoirs. French R, H(ed) Proc. Int. L. Symp state of the art control salinity, salt lake city utah 12 - 15 July 1983. chap, 43, p. 455 - 464.
- Rhoades J. D., 1984 c- New strategy for using saline water for irrigation Proc. ASCE irrigation and drainage Spec conf. water to day and tomorrow 24 - 26 July 1984, Flagstaff Arizona pp. 231 - 236.
- Rhoades J. D., 1990- Strategies to facilitate the use of saline water for irrigation. In FAO publication of water, soil, crop management relating to the use of saline water AGL/Misc/ 16/ 90 pp. 125 - 135.
- Rhoades J. D., 1990- Assessing suitability of water quality for irrigation. In FAO publication of water quality for irrigation. In FAO publication of AG/ Misc/ 16/ 90. Water, soil and crop management relating to the use of saline water pp. 52 - 70.
- Szabolcs I., 1990- Movement and accumulation of salts and optical irrigationscheduling. In volume VI. Publication of 14th International congress of soil sciences. Kyoto - Japan, August 1990, pp. 89.
- Szabolcs I., 1982- Salinization of soil and water and its relation to desertification. UNEP, Desertification Control Bulletin No. 9. Publication of American Society of Agronomy.
- Sarez D. L., 1982- Relation between PHc and sodium adsorption ratio (SAR) and an alternate method of estimating SAR of soil or drainage water. Soil Sci. Soc. Amer- J: 45:569-475.
- FAO, 1990- Water, soil and crop management relating to the use of saline water, AGL/MISC/16/90.

HISTOIRE HYDRAULIQUE ET AGRICOLE ET LUTTE CONTRE LA SALINITE DANS LE DELTA DU NIL

Thierry RUF(*)

(*): ORSTOM - Laboratoire d'Etudes Agraires Montpellier, France.

Résumé: La vallée du Nil peut être présentée comme une immense oasis dont l'existence dépend de la gestion d'une unique source hydraulique, partagée tout au long des segments de vallées et des quartiers du delta. L'histoire hydraulique remonte aux premiers aménagements destinés à contrôler une crue prévisible dans le temps, mais imprévisible dans son déroulement: pour apprivoiser la montée des eaux et piloter la décrue, les anciens égyptiens avaient édifié une série de bassins de réception des eaux (Hod) comme par exemple la série du "Bahr El Youssef" dans la moyenne vallée.

Maîtriser les changements de régime du fleuve avait comme premier but d'étendre au mieux l'effet de la crue. En outre, l'atlermance d'inondation et d'assèchement en profondeur des sols argileux permettait de drainer les sels alluviaux, condition primordiale de maintien de la fertilité.

Le début des aménagements d'irrigation pérenne est contemporain. Il est lié au bouleversement politique et militaire de la fin du XVIII^e siècle et au choix d'une culture imposée au XIX^e siècle aux communautés paysannes, le coton longue fibre. Dès 1820-1830, l'administration centrale dirigée par Mohamed Ali concentre ses efforts sur l'étiage du Nil, et réoriente les canaux d'épandage de crue en canaux surcreusés de répartition des basses eaux du Nil.

A la fin du XIX^e siècle et au début du XX^e siècle, une crise majeure touche la culture cotonnière et doit être imputée essentiellement à deux phénomènes concomitants : la salification des terres irriguées et le développement des parasites. Dans les années 1900-1920, Audebeau rend compte de ses expériences relatives à l'influence de la nappe souterraine sur les cultures de coton.

Pendant près d'un siècle, l'irrigation avait été pratiquée sans aucun réseau de drainage artificiel. A la suite de ces observations, l'Etat met en place un vaste réseau de drains à ciels ouverts.

Après l'édification du Haut Barrage d'Assouan en 1964, l'intensification culturale entamée au XIX^e siècle se poursuit avec la généralisation de la double culture annuelle. Encore une fois, l'effort des aménagistes sur l'irrigation se traduit par un retard sur le drainage devenu très insuffisant. Il faut attendre les années 1980-1990 pour voir le drainage réajusté à l'intensité des apports en eau.

Avant propos: La salinité dans le contexte des aménagements hydrauliques égyptiens.

Le processus de salinité des terres dépend des conditions pédoclimatiques et hydrauliques du milieu, et des interventions humaines, liées à la société qui entreprend l'exploitation d'un secteur plus ou moins étendu de ces écosystèmes, en jouant principalement sur la maîtrise des apports en eau. Différents terroirs hydrauliques apparaissent, reflétant un mode d'organisation sociale, politique et juridique pour l'accès aux terres aménagées et aux ressources hydrauliques à partager.

On peut appréhender le problème de la dégradation des terres aménagées par l'étude historique de l'évolution des usages de l'eau et des préparations des terres par les paysans, obligés d'intégrer les conditions d'accès à l'eau définies à une échelle qui les dépasse, parce

qu'elles s'appuient sur des aménagements antérieurs et qu'elles dépendent des décisions des gestionnaires actuels de l'aménagement.

Dans la vallée et le delta du Nil, on peut parler d'un écosystème cultivé profondément remanié par des siècles d'intervention sur le régime des eaux et sur l'étendu des terres soumises à submersion contrôlée, puis à irrigation pérenne. Une année donnée, les mises en cultures des terres dépendait de l'état et du fonctionnement de l'aménagement hydraulique.

Les espaces naturellement salés n'auraient pas fait d'emblée l'objet des premiers aménagements hydro-agricoles. Dans la mise en valeur des bassins de réception de la crue, les régions périphériques des plans d'eau saumâtre étaient délaissées. Les égyptiens recherchaient des terres susceptibles d'être alternativement couvertes par la crue puis asséchées, en vue de la mise en culture rapide. Celle-ci s'avérait souvent précaire en raison de l'irrégularité de la crue et des redistributions de terres.

Au XIX^e siècle, le delta a été remanié sur le plan hydraulique, en vue de favoriser la culture cotonnière. Au début du XX^e siècle, l'ensemble des terres noires du delta étaient converties à l'irrigation pérenne. Progressivement, la vallée devait elle aussi s'adapter aux choix des services d'irrigation, jusqu'à l'édification du Haut Barrage d'Assouan (1964).

A l'origine du processus ou comme conséquence du développement de l'agriculture, l'exploitation démographique est une caractéristique spectaculaire : de 2 millions d'habitants vers 1800, l'Égypte compte près de 70 millions de personnes vivant toujours sur le territoire devenu exigu des terres agricoles, 4 millions d'hectares environ.

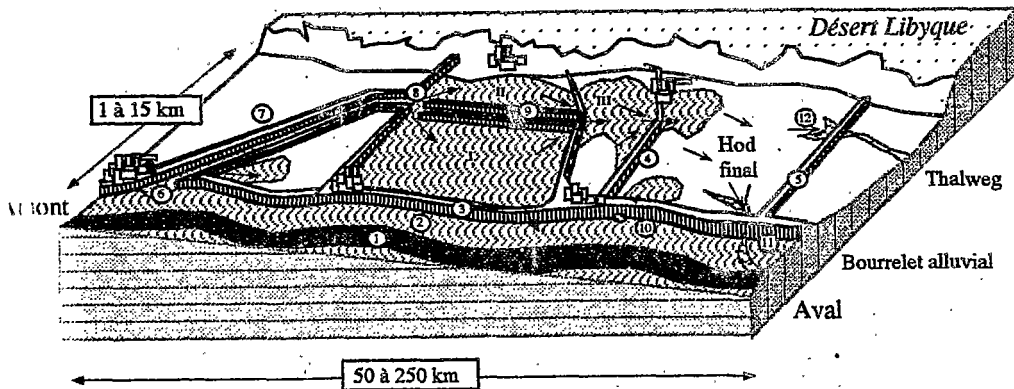
Le problème de la salinisation des terres irriguées apparaît à la fin du XIX^e siècle, dans le centre et le nord du delta. En fait, dans le premier cas, après plusieurs années d'exploitation, on perçoit les effets indirects des pratiques d'épandage de l'eau avec la remontée de la nappe phréatique; dans le nord, on assiste à l'extension de l'espace cultivé aux zones naturellement salées, avec la pression démographique et l'appropriation d'espaces marginaux.

1. Le bassin de réception de la crue, base des aménagements pendant cinq mille ans.

Au quatrième millénaire avant J.C., la Vallée du Nil était sans doute un milieu peu propice aux établissements humains. En effet, chaque année le fleuve entraînait en crue violente, rapide, interdisant pratiquement l'installation de groupes humains au bord du lit mineur. Cependant il est probable que des tribus installées hors de portée des hautes eaux aient utilisé ce milieu instable, formé de marécages autour des bras multiples du fleuve capricieux, pour chasser, pêcher et même pratiquer une culture céréalière de décrue dans les bassins naturels laissés par le fleuve. On a longtemps supposé que l'aménagement de la vallée du Nil au moyen de digues pour contrôler les crues remontait à l'unification politique de l'Égypte, vers 3200 avant J.C. On considère actuellement que la mise en place des bassins de réception de crue fut très progressive, à partir de la fin du Premier Empire (VERCOUTTER, 1992, p. 25-35).

La maîtrise de la crue: Le principe de cet aménagement était simple (figure A). Pour dominer la crue, il fallait guider les hautes eaux vers des bassins de réception (hod) où l'eau séjournait plusieurs semaines, humidifiant le sol jusqu'à saturation, tandis que les eaux tranquilles déposaient les alluvions. Les premiers fondateurs d'aménagement organisèrent les travaux de construction des digues et canaux de dérivation sur certaines fractions de la vallée.

Un segment de la vallée était dépendant des autres pour recevoir puis rejeter l'eau dans de bonnes conditions. En fait, il semble que la réussite de la campagne agricole dépendait surtout de la capacité des communautés paysannes de la même chaîne de bassins à entretenir le canal d'amenée et à régler les ouvertures et fermetures de vannes entre les digues.



Lit mineur du Nil	7	Canal d'amenée des hautes eaux (canal Nili)
Lit majeur du Nil	8	Ouvrage (hypothétique) de répartition des hautes eaux entre bassins contigus (I et II).
Digue longitudinale principale	9	chenal éventuellement endigué de progression des hautes eaux vers les bassins d'aval
Digue transversale ordinaire	10	Ouverture exceptionnelle pratiquée dans la digue longitudinale en cas d'attente prolongée d'arrivée de la crue
Prise mise en eau lors de la crue (mois de juin-juillet-août)	11	Vidange directe dans le Nil à l'étiage (mois de septembre-octobre)
hors service lors de l'étiage	12	Vidange vers le Fayoum pour la série du Bahr el Youssef

La largeur du lit majeur varie de 500 à 2000 mètres. Dans la vallée, le Nil à l'étiage se trouve de 5 à 7 mètres en dessous du niveau du sol. Dans le sud du delta, la différence est de 4 à 5 mètres. Elle diminue progressivement dans le nord du delta. Les hautes eaux sont "normalement" endiguées à un mètre au-dessus du sol. La pente générale de la vallée varie de 65 à 75 millimètres par kilomètre. Elle est encore plus faible dans le delta: 42 millimètres par kilomètre.

La structure théorique des chaînes de bassins dans le delta est plus difficile à établir, car la conversion des bords à l'irrigation pérenne remonte à plus d'un siècle. Les anciens ouvrages hydrauliques, digues, canaux, vannes ont pratiquement disparu, ou bien ont été totalement remaniés. La carte 1 permet de repérer des chaînes probables dans le delta oriental.

Schéma et Source: Ruf, 1983, d'après les indications de BAROIS, 1887 - GALL, 1889 - HURST, 1954 - BESANÇON, 1957

La mise en culture, sans outillage spécialisé: L'aspect le plus remarquable d'une chaîne de bassins, plus que l'organisation du remplissage, consistait à coordonner la vidange des hods, en fonction du comportement du fleuve, de l'état des autres bassins et des capacités de travail des paysans pour ensemençer les terrains au fur et à mesure du retrait de l'eau (RUF, 1992).

La préparation du sol ne nécessitait alors aucune intervention humaine, ni outillage spécifique: les paysans semaient à la volée le blé ou l'orge dans la boue au fur et à mesure du vidange du bassin (figure C, système de culture de la fin du XVII^e siècle). Parfois, on laissait passer un troupeau de brebis et de chèvres après le semis afin d'enterrer les graines, qui germent mieux au contact de la terre et qui échappent ainsi à la voracité des oiseaux prédateurs.

Les objectifs recherchés par une intervention mécanique sur le sol dans des agricultures pluviales sont impropres en agricultures de décrue:

- La destruction d'un tapis herbacé ? La sécheresse qui précédait la crue entre mars et juillet interdisait la croissance d'un recru herbacé après la récolte des céréales ;

- l'enfouissement des résidus de cultures ? Les pailles laissées dans les bassins étaient sans toute entièrement consommées par les troupeaux en vaine pâture ; on pouvait aussi les récupérer à d'autres fins ou simplement les brûler ;

- la lutte contre les mauvaises herbes ? Elles devaient être asphyxiées après trois mois de séjour sous un mètre d'eau;

- la création d'une structure du sol favorable ? On pouvait effectivement s'inquiéter des effets de tassement du sol, de phénomène de compactage en l'absence de tout travail du sol.

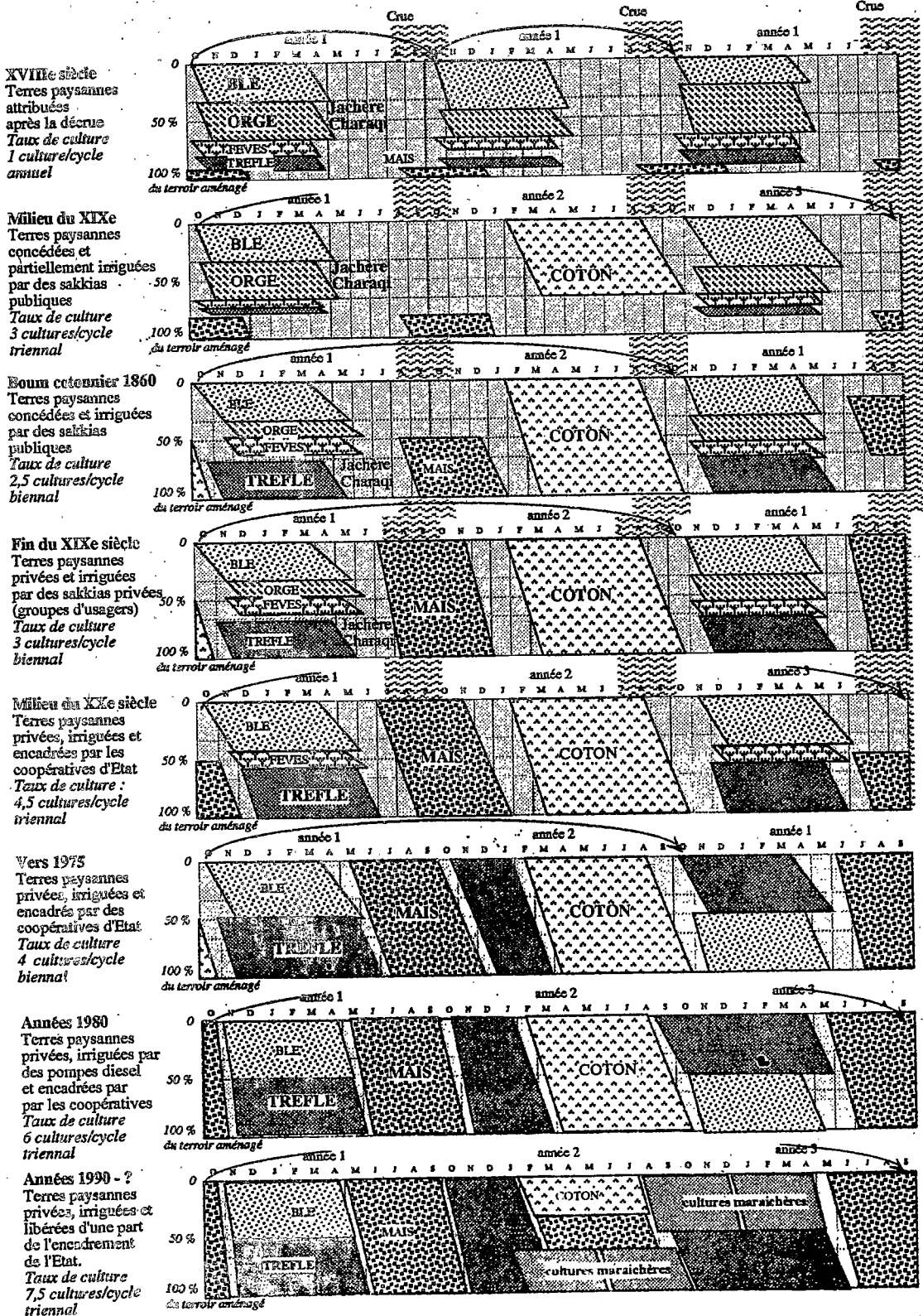
Or, il existait bien un cycle régulier de restructuration du sol. C'était le processus naturel de dessiccation après l'inondation. Les terres égyptiennes contiennent une très grande proportion d'argile (déposé par l'alluvionnement au cours des derniers millénaires) qui confère au sol la propriété de se rétracter en s'asséchant. Il se créait un réseau très profond de fentes verticales et horizontales qui structurait le sol après chaque inondation en de multiples petits agrégats : c'était la période de la jachère Charaqui, d'avril à juillet. La structure du sol redevenait favorable pour la pénétration des racines, pour les échanges minéraux, pour la rétention de l'eau favorable aux cultures d'hiver, en absence totale de pluie.

En outre, la submersion contrôlée permettait de désaliniser la terre. Dans le delta, le sol repose sur des alluvions déposées en milieu marin. Le passage de l'eau dans le sol, puis le drainage vers le Nil à l'étiage jouaient un rôle fondamental pour équilibrer apports et sorties de sels dans les horizons exploitées par les racines des plantes cultivées (BESANCON, 1957).

Enfin, la couche superficielle résultant de la sédimentation constituait un lit de semences très favorable, à condition de semer au moment opportun, c'est à dire entre l'instant où l'eau libre se retirait de la surface du sol et celui où une croûte superficielle se formait et limitait fortement la germination.

Ainsi, durant des siècles, les égyptiens ont pratiqué la céréaliculture de décrue, peu exigeante en travail. Les communautés agricoles travaillaient collectivement à l'entretien des digues et canaux à l'instigation du gestionnaire du segment de vallée, espace aménagé qu'il contrôlait lui-même, ou dont il avait la charge au nom du pouvoir central. Elles versaient à l'Etat une part des récoltes fixée généralement en fonction de la façon dont s'était déroulée la crue. Cette agriculture avait une particularité : elle ne mettait pas en oeuvre le travail du sol et demandait peu d'outils.

Figure C. Evolution des successions culturales et des assolements dans le centre du delta du Nil



Source : Ruf, 1983, 1988. La représentation en trapèze des cycles soulignent pour chaque culture le début et la fin des semis et des récoltes. La tendance est à un passage de plus en plus rapide d'une culture à un autre.

2. XIXe siècle: la gestion de l'étiage du Nil pour l'extension d'une nouvelle culture, le coton.

Le XIXe siècle voit la reconstitution d'un pouvoir central autoritaire qui, misant sur des variétés de coton à longue fibre, assure son autonomie politique, économique et militaire vis à vis de l'empire ottoman. A la fin de cette période, la faillite économique de l'Etat entraîne sa mise sous tutelle européenne.

Le coton, culture de rente à contresaison: Que s'est-il produit à l'échelle des campagnes ? A la fin du XIXe siècle, dans le delta, rien ne ressemble à ce qui existait cinquante ans auparavant, la gestion du fleuve a changé: on essayait désormais d'utiliser au mieux les eaux du Nil à l'étiage pour irriguer le coton. La crue est redoutée. On cherche à protéger les champs de l'invasion des eaux en dispersant la lame d'eau dans un vaste réseau de canaux surcreusés. Il n'y a plus de communautés paysannes exploitant collectivement un bassin mais une société formée de familles restreintes dont certains sont petits propriétaires fonciers, d'autres employés, métayers ou fermiers de très grandes propriétés. Enfin, les paysans cultivent le coton pour disposer des ressources monétaires indispensables. Ils doivent faire face aux dépenses d'irrigation, payer les impôts et assumer les dépenses sociales (mariages, décès, réunions familiales).

Le coton est une culture en décalage avec les cultures traditionnelles des paysans : il se cultive en saison chaude, de février à septembre-octobre (figure C systèmes de culture du XIXe siècle). La réserve en eau du sol est insuffisante pour une aussi longue période : pendant la phase de croissance, il faut protéger la récolte de la submersion par les hautes eaux. Pour arroser, il faut pomper. Mais le chadouf apparaît très primitif et d'un rendement dérisoire par rapport aux besoins. La principale révolution technologique au niveau local est l'adoption et la généralisation de la "Sakkia" (figure B,1). Il s'agit d'une roue élévatrice de l'eau, mue par la force de traction animale.

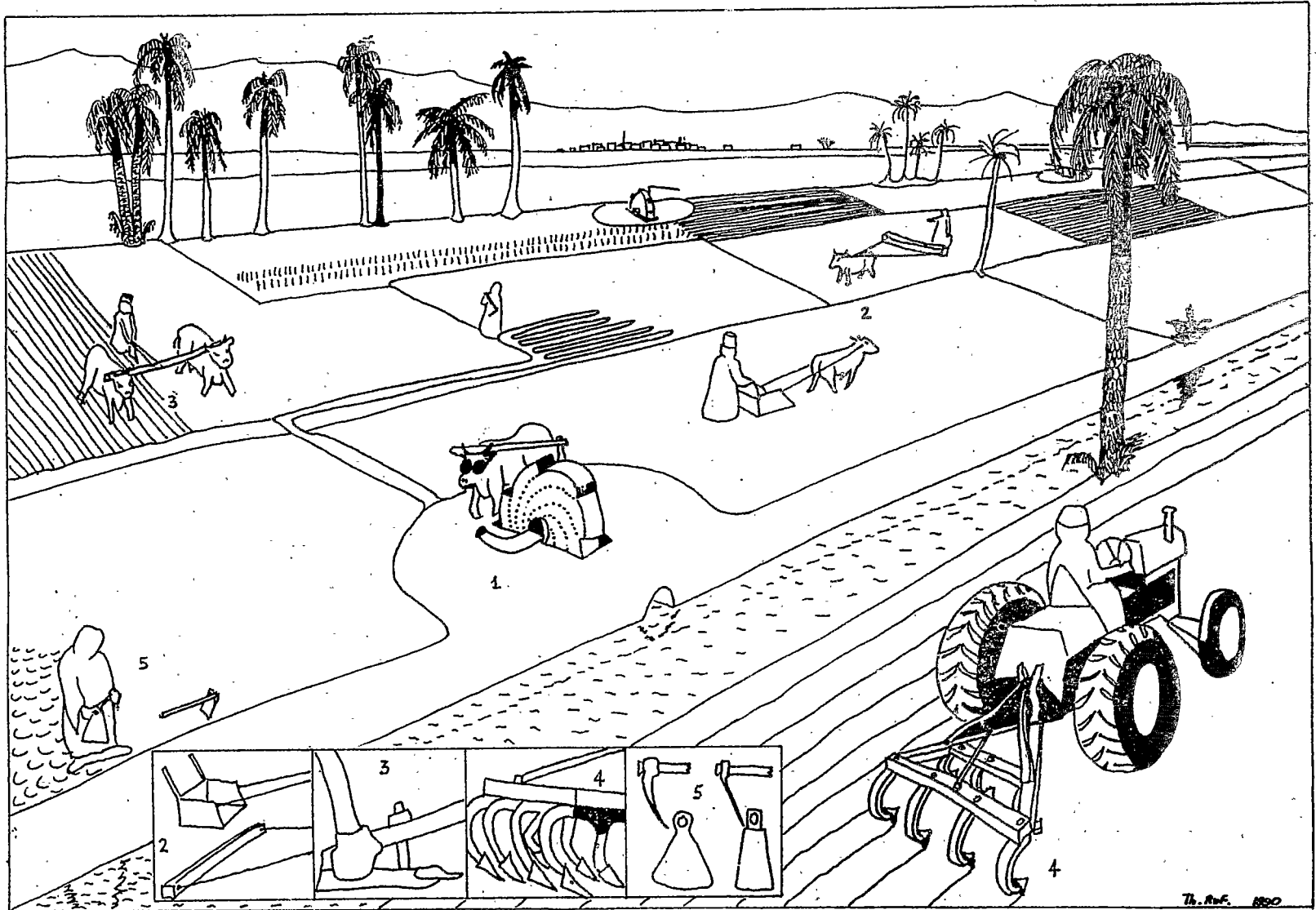
La préparation des terres: une nouvelle exigence: Avec la maîtrise de l'irrigation et l'intensification culturale qu'elle autorise, deux phénomènes vont modifier les états du milieu cultivé: d'une part le limonage ne se produit plus et le lit de semences naturel a disparu ; d'autre part, apparaissent dès la première irrigation des adventices qui ne sont plus asphyxiées par un long séjour au fond de l'eau. Désormais il est nécessaire d'intervenir sur les sols, de les préparer pour installer un peuplement végétal dans les meilleures conditions possibles avec les outils connus à cette époque.

Pour le blé, par exemple, deux manières de procéder coexistent jusqu'au milieu du XXe Siècle (AYROUT, 1957):

- La première dérive directement des anciennes techniques: on irrigue la parcelle pour recréer les conditions de la crue, puis on sème à la volée et l'on enfuit les graines avec le passage d'un sacrificateur ou d'une poutre en bois tractés par un animal (figure B,2). Cette technique appelée khoudayri est choisie par les agriculteurs lorsqu'ils n'ont pas beaucoup de temps pour réaliser leur semis. Elle est peu efficace, le taux de levée ne dépassant pas 20 %.

- La seconde manière de préparer ses traces exige plus de temps et de moyens: l'afir consiste à effectuer sur une parcelle préalablement irriguée et éventuellement fumée, un premier passage à l'araire, appelée mehrat (figure B,3). Après une semaine, le sol soumis à une légèreté dessiccation est à nouveau travaillé, ce qui a pour effet de détruire une grande partie de jeunes pousses d'adventices. Quelques jours après, on sème à la volée, on enfuit les graines et on irrigue juste après. Cette manière de procéder allie la préparation d'un bon lit de semences et la destruction précoce d'adventices.

Pour les cultures sarclées d'été, le coton, le maïs, le processus est identique, mais la préparation du sol plus longue, car il faut réaliser à la houe ou à l'araire des billons dans lesquels seront semées les graines en poquet. L'efficacité de l'afir sur le khoudayri se mesure au taux de plantes levées sur les graines mises en terre (avant démarriage pour les plantes sarclées): une sur deux contre une sur cinq.



Ainsi, entre 1820 et 1900, la préparation des terres a complètement changée, évolution étroitement liée au bouleversement des aménagements hydrauliques mais également à la restructuration de la société rurale. Les systèmes de production paysans reposent essentiellement sur la possession d'une paire de vaches dont la fonction de traction animale est indispensable à leur fonctionnement : il faut pomper l'eau en actionnant les sakkias, et travailler le sol avec plusieurs passages de l'araire. En outre, du fait de cette association, les cultivateurs utilisent le fumier soigneusement collecté puis épandu dans la parcelle.

L'inutilité du labour: Dans les années 1850, le vice-roi fit venir à grands frais des charrues DOMBABASLE & HOWARD (GREGOIRE, 1862.). Or, le labour en planche ne convenait pas aux conditions d'irrigation de l'époque, un sol plan, propre à la submersion. Labourer imposait de niveler avec la kassabia après chaque préparation du sol.

En outre, dans la situation agricole du XIXe siècle, l'effet de la jachère charaqui persistait les années sans coton (deux années sur trois, parfois plus) : il n'y avait pas de résidu végétaux à enfouir dans le sol. Les chaumes desséchées disparaissaient avec le passage de ruminants ou plus simplement sous l'action du feu. Par la suite, après l'engouement pour le cotonnier dans les années 1860-65, l'entretien des champs (binage, sarclage, désherbage) est tel qu'après les récoltes, et l'absence d'irrigation, les mauvaises herbes ne poussent plus.

Le labour a d'autres fonctions: mélanger l'horizon inférieur d'accumulation, enfouir dans la couche arable les amendements et la fumure de fonds. Cependant, les sols étaient trop durs à travailler à sec, et la force de traction animale insuffisante pour accomplir un tel travail.

Deux autres arguments ne plaident pas en faveur du labour. GALI en 1889 et De CHAMBERET en 1909 les signalaient déjà: d'une part, en pays chaud, il se produirait une minéralisation rapide de la matière organique, aboutissant à terme à une baisse de la fertilité; d'autre part, le risque est grand de ramener à la surface le sous-sol fortement salé qui stériliserait la couche arable.

3. La remontée de la nappe souterraine supérieure et la crise cotonnière du début du XXe siècle.

Une prise de conscience tardive du phénomène: Dans son essai sur l'agriculture de l'Egypte, GALI (1989) insiste sur les limites de la fertilité des sols égyptiens, non pas du point de vue des risques de salinisation, mais du point de vue des bilans de fertilisation: l'absence de rotations culturales, la faiblesse des restitutions organiques et de l'épandage d'engrais minéraux conduiraient le pays à une forte réduction de la production.

Quelques années plus tard, BRUNHES (1902) décrit la frange des terres incultes du nord du delta, comprise entre la zone cultivée et les lacs salés. Il précise que les égyptiens commencent peu à peu à mettre en culture ces bararis salins, mais que le problème d'apparition d'efflorescence saline est générale dans le delta, et particulièrement le long du canal amenant l'eau du Nil à Ismailia, construit au moment du percement du canal de Suez. Vingt-deux mille feddans sur vingt-sept mille furent abandonnés à cette période dans la région de l'Ouadi Toumilat (carte 1).

En fait, le service des irrigations commença à s'intéresser au problème des remontées de sels à partir de 1894, et à entamer un programme de constructions de drains en 1897, mais les ingénieurs britanniques restaient encore indécis, les uns prônant l'installation des drains collecteurs principaux, les autres voulant assigner aux canaux principaux une fonction de drainage dans leurs ultimes biefs.

Les facteurs qui contribuent à la remontée de la nappe: Au début du XXe siècle, l'ingénieur en chef des domaines de l'Etat égyptien (AUDEBEAU, 1911) décrit les phénomènes qui ont conduit à l'affleurement de la nappe dans la région centre du delta : SANTA - KORACHIEH situé à l'altitude de 7 mètres au dessus du niveau de la mer (Carte 1).

Les canaux ont été surcreusés au milieu du XIXe siècle pour capter les débits d'étiage. Lorsque la crue arrive en juillet -Août, l'eau parvient plus vite dans les canaux et les infiltrations latérales augmentent, ce qui accroît l'impact de l'arrosage sur les champs de coton : la percolation rencontre plus vite la nappe souterraine.

Le barrage Mohamed Ali situé à la pointe du delta, commencé dans les années 1830-1840, fut renforcé entre 1885 et 1900. La côte des eaux d'étiage passe de 12m50 à 15m50. La hauteur d'exhaure fut diminuée dans tout le delta, entraînant la mise en place de nouvelles sakkias et l'extension de l'irrigation.

A la fin du XIXe siècle et au début du XXe siècle, à la suite de la construction du premier barrage réservoir d'Assouan (1898-1902) les bassins de Haute Egypte ont été progressivement convertis à l'irrigation. La crue, auparavant ralentie par le jeu des différents remplissages de chaînes de bassins, progresse plus vite vers le Delta, environ 20 à 25 jours selon les prévisions de WILLOCCKS (1894) - (Figure C - fin du XIXe siècle). Au lieu de parvenir en août avec irrégularité, elle se manifeste aux premiers jours de juillet. Conséquence des décisions d'aménagement du Nil, ce décalage est opportun pour insérer un cycle de culture en saison des hautes eaux : les paysans sèment du Maïs dès le mois de juillet sur de grandes étendues de terrains qui, autrefois restaient incultes. La remontée de la nappe phréatique est donc la résultante de phénomène globaux, propres aux transformations régionales imposées par le Service des Irrigation, et de phénomènes locaux, liés aux décisions des propriétaires fonciers et des paysans.

En 1886, à Korachiech, la nappe se trouvait entre 3 et 5 mètres sous le niveau du sol. En 1911, la nappe ne descend pas en dessous de 0,75 mètre sous le niveau du sol et oscille avec les arrosages. Des efflorescences blanchâtres apparaissent et les cotonniers y sont très clairsemés.

Le passage de l'assolement triennal à l'assolement biennal-du coton tous les deux ans et non tous les trois ans accentue encore les effets signalés précédemment: il implique l'accentuation des arrosages sur le coton, mais aussi sur le maïs en saison de crue. La jachère, qui concourrait à l'abaissement de la nappe, se réduit d'année en année (figure C, comparer le milieu et la fin du XIXe siècle).

Impact sur le rendement du coton: Les expériences menées par AUDERBEAU visent à établir l'influence de la hauteur de la nappe sur le rendement du coton. Avec un dispositif expérimental de bassins de 5,5 mètres carrés et d'une profondeur allant de 2,18 mètres à 0,50 mètre, la production de l'année 1908 fléchit dès lors que l'eau se trouve à moins d'un mètre (tableau 1).

profondeur de la fosse (m)	2,18	1,75	1,00	0,50*
date de semis	5 avril, densité:0,45*0,90			
diamètre des tiges le 5/9(mm)	22 à 28	22 à 28	10 à 15	8 à 12
longueur des tiges le 5/9(mm)	1,80 à 2,25	1,80 à 2,25	0,70 à 1,25	0,50 à 1,10
nombre de gousses par plants jumeaux le 5/9	70 à 140	70 à 110	50 à 70	30 à 45
nombre de gousses piquées restants sur les cotonniers, fin novembre	580	330	80	40
profondeur atteinte par les racines les plus grandes, observée fin novembre (m)	1,40	1,40	0,95	0,30
longueur développée atteinte par les racines les plus développées, obs. fin nov. (m)	1,85	3,35	1,45	0,50
diamètre des plus fortes tiges, fin nov. (mm)	30	28	19	15
plus grande hauteur de tige fin novembre (m)	2,25	2,50	1,25	1,10
production au feddan en kantar de 141,5 kg de coton non égrainé, avec des cueil- lettes échelonnées en oct-nov	8,50	8,06	4,79	2,78
production exprimée en kg/ha	2864	2715	1614	937
diminution de rendement par rapport à la première fosse		-5 %	-44 %	-67 %

* Le 4ème bassin avait une profondeur d'un mètre mais avec une charge d'eau contrôlée à 0,50 m, les autres étant arrosés de telle manière qu'une tranche d'eau de 5 cm restait permanente, le surplus éventuel d'eau étant drainé.

Tableau 1 Résultats obtenus à Korachieh, dans le centre du delta, pour le coton Mit Afifi, campagne 1908 (source AUDEBEAU, 1909, p.11).

En 1909, l'expérimentation est renouvelée avec un dispositif amélioré, un itinéraire technique plus rigoureux, notamment au niveau d'arrosages plus fréquents. Les résultats finaux, globalement plus élevés malgré des attaques de vers de la feuille et de vers de la capsule, montrent toujours les conséquences attendues d'une remontée de la nappe souterraine (Tableau 2). Les effets immédiats touchent la croissance des cotonniers, en particulier de l'appareil racinaire. Mais les phases de développement de la plante sont identiques. La chute prématurée de boutons et de capsules est la composante principale de la

réduction des rendements, et non pas le poids de chaque noix, voisin de 2 grammes de fil et graines dans tous les cas.

profondeur de la fosse (m)	3	2	1	0,50
date de semis	15 mars, réensemencement en maïs densité 0,45*0,90 m			
rendement au feddan en kantars, coton non égrainé 4 cueillettes échelonnées entre 19/9 et 15/10	11,60	10,58	8,26	7,14
rendement exprimée en kg/ha	3908	3564	2783	2405
diminution de rendement par rapport à la première fosse		-9 %	-29 %	-38 %
diminution de rendement par rapport à la deuxième fosse			-22 %	-33 %
Observations sur les profondeurs mesurées dans différents puits, sur les terres du domaine d'Etat.	situation rare	situation courante		situation grave

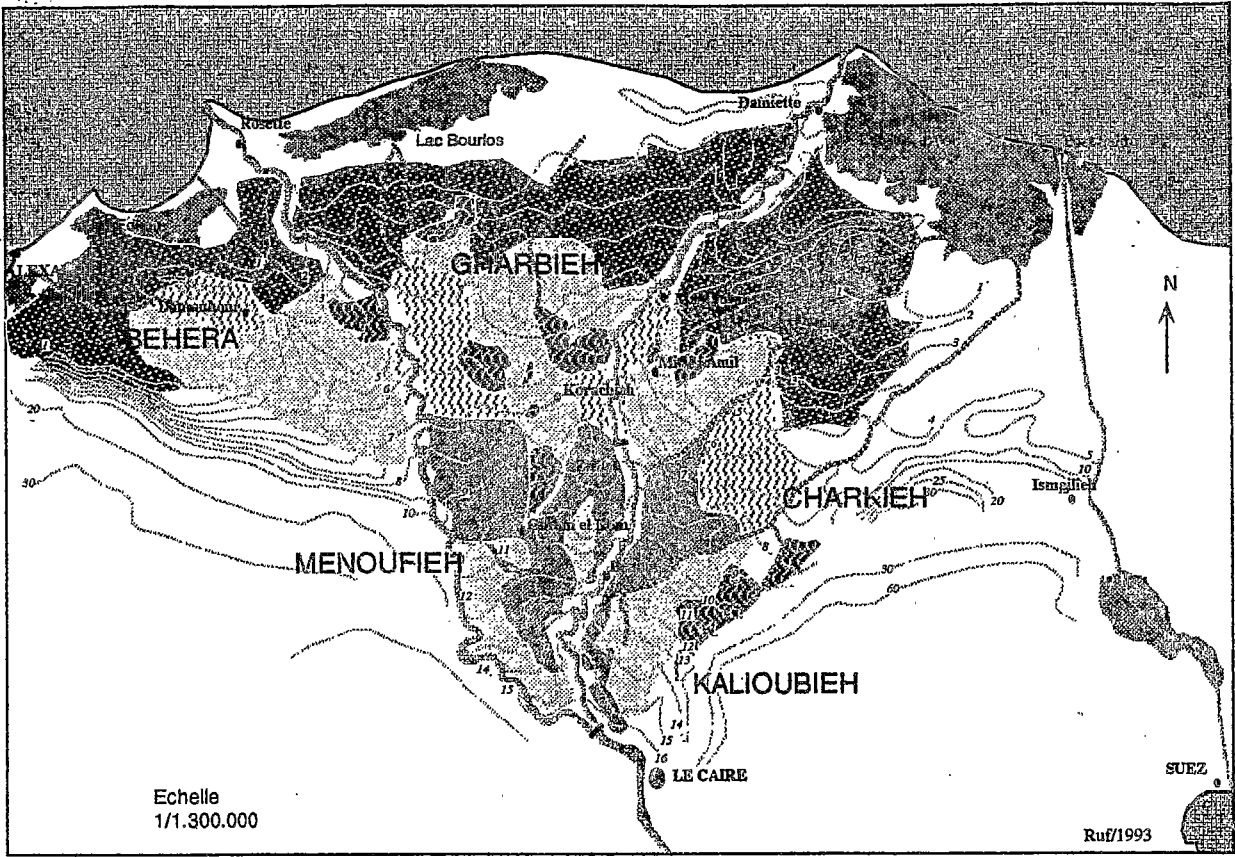
Tableau 2 Synthèse des résultats obtenus à Korachieh, dans le centre du delta, pour le coton Mit Afifi, campagne 1909 (source AUDEBEAU, 1909, p.21).

Les recommandations d'AUDEBEAU.

AUDEBEAU recommande d'abaisser le niveau d'étiage dans les canaux afin de limiter la remontée de la nappe et d'accroître les coûts de pompage qui devraient amener les agriculteurs à économiser l'eau, surtout en début de cycle du coton et les encourager à revenir à l'assolement triennal. Il se place ainsi en opposition avec la gestion de l'eau du Service des Irrigations qui, depuis 1889, optait pour le relèvement des plans d'eau du Nil et des canaux afin de limiter les dépenses d'exhaure.







Pour AUDEBEAU, le drainage à ciel ouvert présente deux écueils majeurs : d'abord, l'inertie des écoulements latéraux entraîne un retard de la baisse de la nappe, à moins de quadriller les champs par un réseau dense de fossés. Par ailleurs, le drainage du delta aboutit à une cote inférieure au niveau de la mer : il faut donc prévoir un refoulement par grandes pompes, dont la construction devrait être confiée au Service des Irrigations et non à des particuliers.

La mise en place d'un réseau de fossés de drainage: En 1920, dix ans après les observations d'AUDEBEAU, le réseau de drainage a été établi par le service des irrigations (carte 2), avec 6290 kilomètres de drains principaux, secondaires et tertiaires, qu'il faut comparer aux 18634 kilomètres de canaux de même rang (Almanach agricole égyptien, 1920). Il est calculé pour faire descendre la nappe d'eau à 1,50 mètres sous le sol. Pour les terres situées en dessous de la cote 3,5 mètres, les collecteurs débouchent en dessous du niveau de la mer. Des stations de pompage refoulent l'eau dans des drains qui s'écoulent naturellement vers la Méditerranée.



Carte 2. Programme de drainage dans le delta du Nil dans les années 1972 - 1980

Source : map of the ground surface (Ministère de l'irrigation, 1972)
 map of drainage programm (Ministère de l'irrigation, 1972)

-  drains à ciel ouvert
- 1.500.000 feddans  Zones avec pompage des eaux drainées
- 425.000 feddans  Zones équipées de drains souterrains
- 130.000 feddans  Zones du programme pilote en 1972
- 300.000 feddans  Zones de la deuxième phase
- 850.000 feddans  Zones de phases ultérieures

Le Service des irrigations se charge de l'entretien des grands collecteurs, mais les propriétaires doivent établir eux-mêmes les fossés collecteurs dans leurs champs, profonds de 80 à 120 cm, espacé de 20 à 50 mètres. ce dispositifs aurait réduit la superficie cultivable de dix pour cent (HURTZ, 1954). Son efficacité dépendait de l'entretien régulier de l'ensemble des fossés, publics ou privés.

Malgré ces efforts, le risque de salinisation était toujours très important. Pour éviter de retrouver des niveaux inférieurs à un mètre, le service des irrigations perpétua le système de rotations de la distribution de l'eau établi dans une perspective de partage de l'eau d'étiage dans les années 1880-1890. Les canaux tertiaires sont remplis alternativement 6 jours sur 18, tant et si bien qu'ils aident à l'abaissement de la nappe plus longtemps qu'à son élévation.

En outre, le projet initial - formulé par les concepteurs du barrage du delta (BAROIS, 1904) - de distribuer l'eau par gravité, tous les jours, sans recours à l'exhaure, se heurta à cette impérieuse nécessité de lutter contre les remontées capillaires du sel. (BESANCON, 1957).

Entre 1920 et 1960, la lutte contre la salinisation des terres se reporta aux terres les plus basses du delta, tandis que les terres du sud et du centre étaient suffisamment drainées par rapport aux apports d'eau du système de culture fondé à nouveau sur une rotation triennale du coton (figure C - Milieu du XXe siècle).

4. L'intensification agricole, la préparation des terres et l'irrigation : nouvelle période de dysfonctionnements : 1960-1980.

L'édification du haut barrage d'Assouan est l'achèvement du processus de conversion de l'Egypte à l'irrigation pérenne. La régulation des débits tout le long de l'année offre des perspectives de mises en cultures continues des terres anciennes et l'extension de l'espace aménagé vers le nord du delta et sur ses franges.

L'agriculture strictement encadrée par l'Etat: Après 1950, l'encadrement étatique de l'agriculture va s'accroître jusqu'à l'imposition d'un assolement biennal par grands blocs de cultures de plusieurs dizaines de feddans. Cette planification autoritaire des choix de cultures joue surtout sur le coton, culture stratégique du pouvoir nassérien (figure C, système de culture vers 1975).

L'expérience avait été acquise dans les coopératives de réforme agraire (13% de la superficie agricole du pays). Les bénéficiaires des terres confisquées aux très grands propriétaires avaient reçu des parcelles réparties dans les différentes soles et le choix des cultures revenait strictement au directeur de la coopérative. Dans ces coopératives, la préparation des terres échappe aussi à la décision de l'agriculteur : elle est mécanisée sur l'ensemble de la sole.

La préparation des terres adaptée aux contextes d'une très forte intensification culturale: L'extension du principe coopératif étatique à l'ensemble du pays n'a pas amené immédiatement les paysans à délaisser la préparation des terres. Pourtant les difficultés apparaissent dans l'exécution de cette opération avec la traction attelée, essentiellement pour des questions de temps disponible entre deux cultures.

La double culture annuelle, à laquelle sont parvenus les paysans dans la deuxième moitié du XXe siècle, pose donc le problème de la validité de la technique afir : pour être efficace, elle n'en est pas moins longue (deux à trois semaines). L'alternative du khoudayri n'est pas satisfaisante. La mécanisation du travail du sol répond à l'exigence de rapidité, ainsi que l'arrivée sur le marché des pompes mobiles qui vont se substituer aux sakkias.

Dans les années 1980, les tracteurs de soixante-quinze chevaux peuvent tirer un scarificateur dans un sol non humidifié préalablement (figure B.4). Avec une largeur de travail d'un mètre environ (cinq dents), ils peuvent effectuer en une seule journée deux passages croisés, complétés par un émiettement superficiel des agrégats, toujours réalisé avec la poutre en bois (zakaffa).

On voit ainsi se développer une classe de petits entrepreneurs qui travaillent à façon avec un tracteur, une remorque, un scarificateur et une petite batteuse -hacheuse de paille. Les travaux de préparation des terres, de pompage, de transport et de traitement des récoltes paraissent tous mécanisés dans ce secteur centre - nord du delta.

Ainsi, il semble que le choix stratégique de la mécanisation du travail du sol et de l'exhaure a été raisonné à partir des contraintes de calendrier cultural et des conditions économiques de sa réalisation, mais pas à partir de l'état du milieu lui-même. Or celui-ci a évolué, marqué par l'apparition d'efflorescence saline, signe de la présence à faible profondeur de la nappe phréatique. Les passages répétés de tracteurs dans de telles conditions provoquent le compactage d sol. Si la présence de sels s'étend et la dégradation de la structure des sols s'accroît, l'agriculture du delta du Nil pourrait voir sa productivité baisser alors que l'occupation des terres est maximale.

Les insuffisances de drainage: La disparition de toute période de repos, en particulier de la jachère charaqui (figure C, années 1980) et les pratiques courantes de surirrigation ont révélé l'état dégradé du réseau de drains à ciel ouvert, envahis par la végétation, remblayés par l'érosion des berges. L'adoption de plus en plus fréquente de pompes mobiles amène les cultivateurs à forcer la lame d'eau, voire à doubler l'irrigation pendant la période de six jours en eau du canal tertiaire.

Après la mise en eau du grand barrage d'Assouan, l'évolution des techniques d'exhaure pose un nouveau problème de gestion aux gestionnaires des réseaux d'irrigation. Avec les sakkias, le ministère des irrigations se limitait à gérer des plans d'eau entre les canaux tertiaires. Le pompage, régulier pendant la mise en eau du bief, s'arrêtait rapidement après la fermeture, dès que les sakkias n'écoapaient plus l'eau de manière efficace.

Aujourd'hui, chaque bief est beaucoup plus soumis au pompage pendant les six jours en eau puis il est entièrement vidé par le pompage mécanique. Alors que le pays détient encore une ressource en eau abondante, stockée dans le lac Nasser, la nécessité de gérer des débits limités apparaît déjà, non pour régler le partage de l'eau pour raison de raréfaction de la ressource, mais pour éviter de stériliser les sols cultivés de manière quasi permanente.

C'est dans cette perspective que le Projet Egyptien de Gestion de l'Eau a travaillé en coopération avec l'Université de Colorado. Une proposition de nouvelle gestion de l'eau avec contrôle des débits était également formulé par le Groupement d'Etudes et de Réalisations des Sociétés d'Aménagement Régional (GERSAR, 1981), prévoyant une circulation permanente de l'eau dans des biefs à un niveau inférieur (non précisé) au plan d'eau choisi dans la gestion actuelle des canaux tertiaires.

Dans cette période 1970 - 1980, on trouve à nouveau les débats du début du siècle entre ceux qui prônent une réduction des possibilités d'arrosage par des moyens hydrauliques et des incidences financières et ceux qui privilégient un effort public très important sur le drainage. En définitive, avec le même temps de retard que celui du début du XXe siècle - une vingtaine d'années - l'Etat égyptien a remédié aux effets induits par les investissements hydrauliques lourds. Un vaste programme de drainage par drains enterrés a été financé par la Banque Mondiale (voir carte n°2). Le service des irrigations a calibré les grands collecteurs, compte tenu des apports permanents que reçoit la nappe.

Conclusion

Les systèmes de production agricole du sud et du centre du delta du Nil ont atteint un niveau d'intensification remarquable, non seulement par le jeu de la transformation des stratégies d'utilisation des eaux du fleuve par le service des irrigations, mais surtout par les efforts d'adaptation des petites exploitations paysannes. Elles ont su, à la fin du XIXe siècle, maîtriser l'exhaure animal et transformer leur agriculture, préparer des terres en les travaillant, entretenir les cultures en les sarclant, commencer à raisonner des niveaux de fertilisation. Au cours du XXe siècle, les paysans ont développé les cultures du maïs et du trèfle pour répondre aux besoins alimentaires et aux besoins fourragers, sans véritablement modifier la culture cotonnière qui leur était imposée (figure C, évolution 1950 - 1975 - 1990).

En deux périodes précises, les années 1890-1915 et les années 1965-1985, les nouveaux moyens d'arrosage les ont conduit aux points limites de la salinisation par la remontée des nappes phréatiques. Malgré certains avertissements, l'Etat à travers le Service des Irrigations, a consacré les ressources financières nécessaires à la mise en place du réseau de drainage, non sans retard dû en partie à la difficulté d'appréhender l'origine du phénomène, son ampleur et les moyens d'y remédier.

L'intensification agricole est telle que le problème de la préparation des terres est devenu un point crucial de gestion des exploitations; en cédant cette opération aux entrepreneurs, les agriculteurs du delta ne seront-ils plus que des "semeurs" et des loueurs de pompe pour sur irriguer leur champ ? Le réseau de drainage modernisé aura-t'il la capacité de retirer les surplus de l'arrosage gravitaire, ou bien les usagers de l'eau devront ils rechercher avec l'administration publique des formes plus économes de gestion de l'eau ? Faute de résoudre la question du partage de l'eau dans les réseaux du delta, les mailles hydrauliques situées en amont des canaux secondaires pourraient évoluer vers une surconsommation en eau avec des conséquences connues - l'engorgement, la réduction et la salinisation des sols - tandis que les mailles d'aval connaîtraient un déficit chronique.

Dans la mesure où les nouvelles terres aménagées dans le désert ou gagnées sur le nord du delta demandent chaque année plus de dotations en eau, la raréfaction de l'eau devient un problème d'actualités.

BIBLIOGRAPHIE

- AUDEBEAU C., 1990 - Rapport au sujet des expériences relatives à l'influence de la nappe souterraine sur les cultures de coton - Commission des domaines de l'Etat égyptien, LE CAIRE, 11p. + P1
- AUDEBEAU C., 1911 - Rapport sur les expériences et observations effectuées en 1910 dans le tefliche de Santa - Commission des domaines de l'Etat égyptien, LE CAIRE, 54p. +P1
- AUDEBEAU c., 1913 - Observations faites en 1912 dans le centre du delta - Commission des domaines de l'Etat égyptien -Sphinx, LE CAIRE , 37p. +P1.
- AYROUTH., 1952 - Fellahs égyptien -Sphinx, LE CAIRE , 2ed., 210p.
- BAROIS J., 1887 - L'irrigation en Egypte. - Paris, France, 380 p réédité en 1911.
- BESANCON J., 1957 - L'homme et le Nil. - Gallimard NRF, Paris, 390 p.
- BESANCON J., 1980 - Portrait de l'Egypte rurale au milieu du XXe siècle. -in : l'Egypte aujourd'hui, permanences et changements, 1805-1976. - CNRS, Paris, France, pp. 179-212
- BENEDICK R. E., 1979 - The higt dam and the transformation of the Nile. - in : Middle East Journal, n°2 pp 119-144.
- BERQUE J., 1961 - L'histoire sociale d'un village égyptien au XXe siècle. - Cambridge, Grande Bretagne, 150p.
- BREHIER L., 1900 - L'Egypte de 1798 à 1900. - Ed. Combet, Paris, France, 333 p.
- BROOKS R.H., WAHBY H., 1980 - Summary of egypt water use and management project, with its accomplishments. - EWUP, Cairo, Ft Collins Colorado - USA, 11 p.

- BRUHNES J., 1902. L'irrigation ses conditions géographiques, ses modes et son organisation dans la péninsule ibétique et dans l'Afrique du Nord. - Paris, Naud Editeur, France, 759 p.
- De CHAMBERET R., 1909 - Enquête sur la condition du fellah égyptien au triple point de vue de la vie agricole, de l'éducation, de l'hygiène et de l'assistance publique. - Imp. Darantière, Dijon, France, 206 P.
- CHARLES ROUX F. 1936 - Histoire de la nation égyptienne. - Tome VI, l'Egypte de 1801 à 1882, Paris, 400p.
- DOTZENKO A.D., ZANATI M., ABDEL-WAHED A.A., KELEG A.M., 1979. - Preliminary soil survey report for the Beni Magdoul and El Hammani areas.- Cairo, Ft Collins, Colorado - USA, EWUP technical report n° 2, 43p.
- EWUP, 1981 - History of work at Karf el Cheikh area. - Cairo, EWUP, 12p.
- GALI Kamel, 1889 - Essai sur l'agriculture de l'Egypte. - Thèse de l'Institut agricole de Beauvais, Ed. H. Jouve, Paris, France, 335 p.
- GERSAR, 1981., Application of french experience and tecnology in the rehabilitation and modernization of olds irrigation perimeters. - Nimes, France, 44 p. + P1.
- GREGOIRE M., 1862 - De la culture du coton en Egypte : histoire, état actuel avenir. - In : mémoires de l'Institut égyptien, Tome 1, LE CAIRE, pp 437-486.
- HURST H.E., 1954 - Le Nil, description générale du fleuve, utilisation de ses eaux. - Ed Payot, Paris, France, 302 p.
- MAURY P., 1987. - Irrigation et agriculture en Egypte à la fin du XVIIIe siècle. - In : L'homme et l'eau en Méditerranée et au Proche Orient. IV, l'eau dans l'agriculture. - Travaux de la Maison de l'Orient n°14, Lyon, France, pp 77 - 93.
- MAZOYER M., 1978 - Systèmes agricoles d'exploitation de la Nature - Chaire d'Agriculture comparée, Institut National Agronomique de Paris-grignon, Paris, France 19 p.
- MOLINAAR Albert, 1956 - Machines à élever l'eau pour l'irrigation. - FAO, coll. Progrès et mise en valeur, Cahier N° 60 Rome, Italie, 78 p.
- MOSSERI V.M., 1928 - La fertilité de l'Egypte. - In : l'Egypte cotemporaine, n° 91- 92 fev.- mars 1928, Le Caire pp.93-126.
- D'ORNANO Sébastien, 1980 - Mécanisation agricole dans les pays en voie de développement, étude du cas de l'Egypte. - 2 t., Le caire, 300p; (tirage confidentiel).
- RIVLIN H., 1961. - The agricultural policy of Mohammed Ali in Egypt. - Cambridge, Drandé Bretagne, 400 p.
- RUF T., 1983; - La formation agraire égyptienne de la fin du XVIIIe siècle à nos jours, analyse du fonctionnement des exploitations agricoles dans le nord du delta et en moyenne Egypte. - Thèse IIe cycle, Institut d'Etudes du développement Economique et Social, Univ. Paris I, Paris, France, 391 p. + an.
- RUF T., 1986 - La sakkia égyptienne, interface entre l'aménagement hydro-agricole et les systèmes de production paysans. - : IIIe Seminaire DSA "Amenagements hydro-agricoles et systèmes de production" - 16-19 Décembre 1986, CIRAD, Montpellier, France, tomme II pp 375-381.
- RUF T., 1988: - Histoire contemporaine de l'agriculture égyptienne, essai de synthèse. - Editions de l'ORSTOM, coll. Etudes et thèses, Paris, France, 289 p.
- RUT T., 1992 - Questions sur le Droit et les institutions de l'eau dans l'Egypte ancienne. - In : Colloque International " Les problèmes institutionnels de l'eau en Egypte ancienne et dans l'Antiquité méditerranéenne". Association Internationale pour l'Etude du droit de l'Egypte Ancienne, Vogüé, 24-28 juin 1992., Le caire, Institut Français d'Archéologie, à paraître.
- DE SAINTE MARIE C., 1992 - La domestication du Nil, technique d'apport d'eau et pratiques paysannes en Egypte. In : Etude Rurales, Génie rural et génie paysan, techniques d'apport d'eau et sociétés en Afrique intertropicale, Paris, France, à paraître.
- SEBILLOTTE M. 1978: - Itinéraires techniques et évolution de la pensée agronomique. - C.R. Aca. d'Agric. de France, (II)pp 906-914.
- SOCIETE SULTANIENNE D'AGRICULTURE, 1916 - Almanach de la société sultanienne d'agriculture. - IFAO, Le Caire, 309 p.
- SOCIETE SULTANIENNE D'AGRICULTURE, 1920. - Mémento Agricole égyptien.- IFAO, Le Caire 300 p.

LUTTE CONTRE LE GASPILLAGE ET DEVELOPPEMENT DE L'ECONOMIE D'EAU DANS LES OASIS TUNISIENNES

SGHAIER Mongi (*)

(*): I.R.A. MEDENINE

Résumé: Le développement et la mise en valeur des régions oasiennes nécessitent d'importantes ressources hydriques en provenance des nappes profondes. Ces ressources en eau dont la quasi-totalité non renouvelables se caractérisent par leur rareté et leur coût économique très élevé. La gestion actuelle des ressources en eau, marquée par un système de tarification encourageant le gaspillage, mérite d'être analysée et révisée. Cette gestion avec les conflits d'intérêt entre les différents usagers et le manque de vigueur dans l'application des règlements constituent une double menace, se manifestant par:

1 - La surexploitation poussée des ressources limitées et non renouvelables, qui engendrerait l'épuisement des stocks.

2 - Le rabattement des nappes, qui, dans certains cas engendre la salinisation des eaux des nappes par appel d'eau à partir des niveaux plus salés.

On a essayé, dans cette communication de présenter, pour les oasis, une analyse de la gestion actuelle des ressources en eau et une stratégie pour le développement de l'économie d'eau.

1 - Introduction

Le développement et la mise en valeur des zones sahariennes du Sud tunisien nécessitent la mobilisation d'importantes ressources hydriques prélevées quasi-totalement au niveau des nappes profondes très difficilement rechargeables. Ces nappes peuvent être assimilées à des réserves non renouvelables dont la gestion devrait répondre à des impératifs de durabilité (durabilité) et d'efficacité. En effet, les seuls critères de rentabilité économique classique sous-jacents à la mobilisation et l'exploitation de ce type de ressources ne sont plus suffisants pour assurer au développement économique et social la durabilité souhaitée. Par ailleurs, caractérisées par une rareté évidente, les ressources en eau constituent un élément décisif et indispensable à toute entreprise de développement et d'aménagement dans le Sud. C'est cette rareté qui génère des conflits d'intérêt entre les différents usagers. Un arbitrage judicieux, inéluctable au niveau de l'allocation des ressources en eau, doit être imposé afin d'en assurer l'exploitation rationnelle et d'en optimiser l'usage. En effet, une forte demande, qui est d'ailleurs croissante, est exprimée par les différents secteurs. Le secteur agricole, usager traditionnel, se trouve aujourd'hui concurrencé par les prélèvements croissants effectués, au niveau des mêmes ressources, par les industries, le tourisme et particulièrement les pôles urbains. Afin de faire face à cette situation, et dans le but de subvenir aux besoins croissants engendrés par les impératifs de développement et d'équilibre régional, les pouvoirs publics ont instauré une politique de mobilisation des ressources identifiées. Cette politique est véhiculée par la "stratégie pour le développement des ressources en eau de la Tunisie", comme instrument efficace au cours de la décennie 1991-2000.

2 - La stratégie nationale pour le développement des ressources en eau de la Tunisie

2.1 - Une mobilisation tout azimut:

La stratégie de développement des ressources en eau a pour objectifs:

1 - La mobilisation de la totalité des ressources en eau du pays actuellement identifiées.

2 - La prospection de nouvelles ressources moyennant des programmes de recherche pour le développement de la ressource.

Afin d'atteindre ces objectifs la stratégie envisage la mobilisation de 4,3 milliards de m³ dont 2,6 milliards de m³ d'eaux de surface (60%) et 1,7 milliards de m³ d'eaux souterraines (40%). L'effort complémentaire de mobilisation nécessite un investissement de l'ordre de 1629 millions de dinars au cours de la décennie 1991-2000 (DGRE, 1990). Il devrait contribuer à mobiliser les ressources en eau non encore mobilisées, estimées à 815 millions de m³ soit 39 % des ressources mobilisables, dont 288 millions de m³ de ressources en eaux profondes. La quasi-totalité des ressources des nappes phréatiques étant mobilisée, (96%), l'effort va se concentrer sur la mobilisation des ressources en eaux profondes. Privée d'importantes ressources superficielles, la Tunisie du Sud jouie, cependant, d'importantes ressources en provenance des nappes profondes. Comme le révèle le tableau ci-dessous, la Tunisie du Sud dispose de 724 millions de m³ soit 64% du potentiel des ressources en eaux profondes et de 155 millions de m³ soit 54 % du solde à exploiter par an.

Tableau 1: Exploitation des nappes profondes (Millions de m³/an, Source: Direction Générale des ressources en eau, 1990).

Région	Potentiel		Exploitation		Solde à exploiter	
	Volume	%	Volume	%	Volume	%
Nord	148	13	69	9	79	27
Centre	267	23	213	25	54	19
sud	724	64	569	67	155	54
Total	1139	100	851	100	288	100

2-2 Lutte contre le gaspillage et économie d'eau:

La prise de conscience des aspects de rationalisation et d'optimisation de la consommation de l'eau fût l'une des principales préoccupations de la nouvelle stratégie. En effet, des mesures de lutte contre le gaspillage et d'incitation à la rationalisation de consommation et à l'économie de l'eau sont annoncées. Elles sont envisagées au sein d'un programme intitulé désormais " Programme National d'économie d'eau". Il englobe trois volets:

- Un volet socio-économique axé d'une part sur la sensibilisation auprès des différentes catégories de consommateurs et d'autre part sur la conception de système transition plus économique.

- Un volet technique relatif aux aspects de modernisation des réseaux d'adduction de l'eau et de développement des techniques d'irrigation économisatrices d'eau.

- Un volet législatif qui s'intéresse à la réglementation d'allocation et concession d'eau et au contrôle judiciaire de toute exploitation abusive portant préjudice, soit quantitativement soit qualitativement, aux ressources en eau.

Cependant, malgré sa pertinence du point de vue technique, la stratégie semble ignorer certains aspects relatifs à la gestion et l'exploitation des ressources en eau non renouvelables. Dans ce qui suit sont présentés les aspects les plus révélateurs.

3 - Manque à gagner concernant l'efficience économie et l'équité sociale.

En dépit d'une profonde conscience par la stratégie de la nécessité d'optimisation de l'exploitation des ressources en eau profonde en général et des ressources non renouvelables en particulier, la stratégie reste muette concernant les aspects d'efficience économique, de gestion et d'équité sociale et intergénérationnelle. En effet, l'une des grandes questions consiste à identifier la manière suivant laquelle les ressources hydriques mobilisées devront être gérées? Il est admis que les systèmes de gestion influent énormément sur les résultats escomptés d'une telle mobilisation. Généralement, des modalités de gestion non adéquates peuvent être à la base de l'échec de l'entreprise hydraulique. Parfois l'absence même d'idées précises sur le mode de gestion, gêne énormément l'adéquation temporelle entre l'opération de mobilisation et l'exploitation effective des ressources mobilisées. Cette situation entraîne évidemment d'énormes gaspillages et pourrait causer des effets négatifs irréversibles (hydromorphie, salinisation des sols...). D'autres part, les critères d'allocation des ressources à mobiliser restent mal définis par la stratégie. Tiennent-ils compte uniquement des critères d'efficience économique, d'équité sociale et inter-régionale? ou bien des seuls critères hydrogéologiques et techniques?

La définition des critères sur lesquels se base l'allocation spatiale et temporelle des ressources hydriques, semble être fondamentale avant toute décision de mobilisation. Et ce pour éviter d'assimiler l'opération de mobilisation à une simple opération technique.

Par ailleurs, si l'allocation inter-sectorielle peut être dictée par les orientations générales des politiques sociales et économiques du pays, l'allocation intra-sectorielle devrait répondre à des impératifs d'efficience économique.

En effet, si l'objectif de sécurité alimentaire du pays plaide pour favoriser le secteur agricole en dépit de sa faible efficience par rapport aux autres secteurs (ex: Industrie et Tourisme), une grande attention cependant devrait être portée quant à l'allocation intra-sectorielle (intra-secteur agricole) des ressources hydriques. En effet les ressources en eau allouées au secteur agricole sont, sous cet angle, à coût d'opportunité très élevé, et devraient assurer une efficience économique assez satisfaisante.

4 - Equité intergénérationnelle

La décision de mobilisation des ressources en eaux non renouvelables, prise aujourd'hui par la génération actuelle engage non seulement le présent mais aussi l'avenir. En ce sens que l'épuisement de ressources, communes à plusieurs générations, consécutive à l'exploitation par la génération actuelle, engendre des coûts économiques et écologiques assumés par les générations futures et non partagés avec ceux qui en ont fait l'usage. A cet égard ESCHBORN (1984) insiste sur le fait que "ceux dont les préoccupations actuelles priment les choix futurs prennent conscience des graves préjudices qu'ils induisent à long terme". Par conséquent la prise en compte, par les stratégies de mobilisation des ressources en eau, de l'équité intergénérationnelle semble fortement souhaitée. "Le problème de gestion et d'allocation des ressources naturelles (en général) ne peut être abordé qu'à plus long terme" comme l'affirme l'économiste CH. HOME (1979).

5- Exploitation économique

Basée uniquement sur des considérations hydrogéologiques l'estimation de la Stratégie, n'a pas pris en compte de la dimension économique; si l'exploitation technique des ressources peut être définie avec autant de précision, elle n'est pas toujours possible du point de vue économique.

PASSET (1990), s'inspirant du diagramme de MEKELVEY (PEARCE, 1990), distingue deux niveaux d'exploitation possibles. Les ressources économiquement exploitables et les ressources non économiquement exploitables. Ces notions sont illustrées par le diagramme suivant:

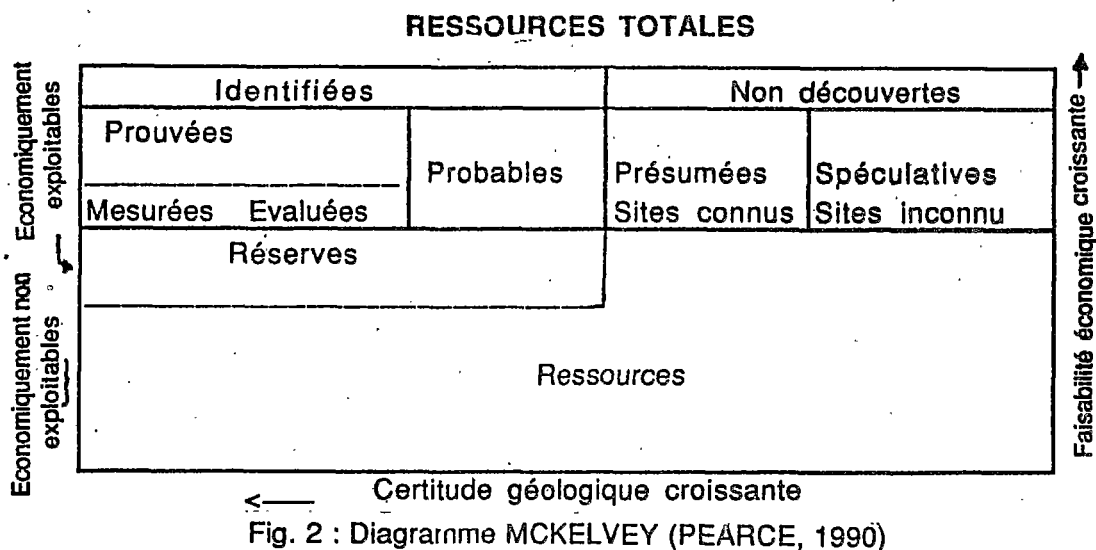


Fig. 2 : Diagramme MCKELVEY (PEARCE, 1990)

6- La valeur économique de l'eau et la tarification

6-1 Valeur et tarification des ressources naturelles:

L'un des problèmes que pose l'allocation des ressources naturelles, en général, est l'estimation de la valeur de la ressource. La théorie classique de la valeur semble être handicapée pour pouvoir résoudre cet aspect. L'absence de marché ou la structuration diffuse de celui-ci pour certaines ressources telles que l'eau empêche le concept de prix concurrentiel (prix de marc) d'assurer la régulation de l'allocation de ces ressources. Ce problème est devenu d'autant plus crucial que la valeur de la ressource conditionne énormément l'exploitation et d'intensité de consommation de la ressource. La tarification des ressources naturelles est généralement caractérisée par une dichotomie remarquable, en ce sens que les ressources naturelles ont en général différents prix: le prix de la ressource in situ (en terre), le prix après extraction, le prix à la consommation etc... L'on sait que le prix de la ressource n'est pas fixe dans le temps et peut varier en raison de la rente gagnée dans le temps (NORTON, 1984). D'autre part, les économistes sont soucieux à donner à la ressource une valeur qui reflète sa rareté réelle. Or l'on sait que peu de ressources naturelles sont régulées par le marché. Différents indices ont été utilisés pour manifester la rareté de la ressource (prix à la consommation, royalty (rente), coût d'extraction physique,...). FICHER (1987), a formulé un indice de rareté qui est définie par la mesure des sacrifices directs et indirects supportés pour obtenir une unité de la ressource. Depuis, divers indices de rareté ont été suggérés par les économistes:

- Le prix du produit de la ressources naturelle.

- La rémunération de la rente "royalty" foncière de la terre contenant la ressource.
- Les coûts d'extraction physique ("royalty" non incluse).
- Les mesures qui indiquent comment plus ou moins facilement, le capital et le travail peuvent substituer les impôts de la ressources naturelle.

Mais, en général, la valeur de la ressource (assimilée par certains économistes au capital) devrait tenir compte du temps.

JUST et *al* (1991) soulignent que le prix de la ressource doit tenir compte de l'irréversibilité des phénomènes engendrés par l'exploitation actuelle des ressources et de la rareté future qui en résulte. D'ailleurs, les économistes, afin de surmonter la notion de prix compétitifs, font appel à des prix dits de la ressource qui doivent tenir compte de la conservation de la ressource. Ce prix a l'avantage de varier en fonction de l'abondance, du stock et du taux d'exploitation économique de la ressource.

6-2 Nécessité de révision du système actuel de tarification:

Malgré sa conscience de la nécessité d'instaurer un système de tarification plus efficace(1), la stratégie de mobilisation des ressources en eau ne conçoit la tarification que par rapport au coût d'exploitation et au coût d'extraction. En effet, les coûts à long terme, les coûts d'opportunité, les coûts d'externalités etc... ne sont pas considérés. Il est vraie que les coûts supportés réellement par les irriguants restent très inférieurs même aux coûts d'exploitation (énergie, main d'oeuvre, pièces de rechanges,...). Le recouvrement des coûts supportés par la collectivité (prix économique) constitue un objectif hors de porté du point de vue de la politique actuelle et ce compte tenu de la priorité accordée au secteur agricole. Cette situation engendre un énorme surplus pour irriguants qui pourrait être schématisé comme suit :

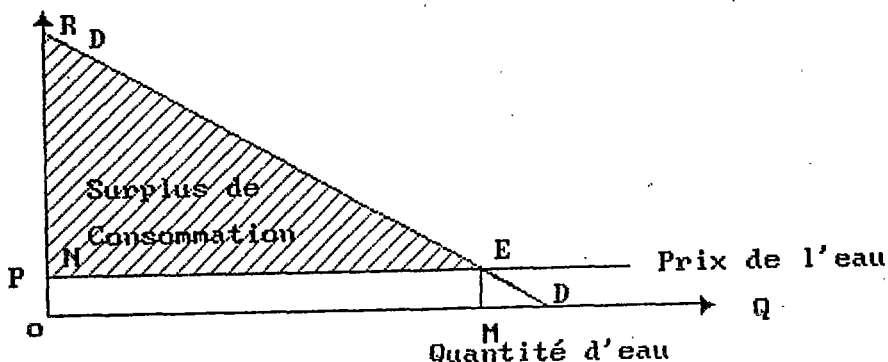


Fig.2: Surplus de l'irriguant

1. "Les actions à envisager porteront essentiellement sur la révision de la tarification des eaux" DRE, 1990 (p.27)

Le surplus de l'irrigant se définit par la différence, résultant du prix économique qu'il devrait payer et le prix réellement supporté par l'exploitation, multiplié par la quantité d'eau. Il en résulte une fausse perception, par les irrigants, de la valeur réelle des ressources en eau mobilisées. Cette situation encourage l'exploitation massive et le gaspillage de la ressource et provoque son épuisement plus rapide. Seul un système de tarification qui incarne avec le plus de fidélité possible, la valeur réelle de la ressource pourrait assurer une allocation optimale des ressources en eau en Tunisie. Si des ajustements sont envisagés, ils doivent être pris en compte dans le calcul économique globale. Le surplus résultant d'une tarification d'encouragement à l'irrigation doit être financé en grande partie par les irrigants eux mêmes. Une allocation en faveur des agro-systèmes productifs les plus performants est, par conséquent, justifiée sur plus qu'un plan. Les agro-systèmes productifs les moins efficaces doivent être transformés, réhabilités ou bien substitués.

7- La tarification actuelle ignore la diversité des agro-systèmes de production

L'activité agricole dans le Sud, s'opère dans le cadre des agro-systèmes de production qui sont marqués par une diversité remarquable. Cette diversité a été démontrée, même au niveau des systèmes d'apparence homogènes tels que les oasis, par bon nombre d'auteurs notamment BACHTA (1976), ALAYA (1979) et SGHAIER (1984). Dans les oasis et les périmètres irrigués, où les exploitants irrigants sont réunies au sein d'Associations d'Intérêts Collectifs (A.I.C.), les redevances de l'eau d'irrigation sont dissimulées dans des cotisations annuelles couvrant notamment le coût de l'eau, les frais d'entretien de l'oasis en général et les frais de fonctionnement de l'A.I.C. Elles sont calculées à l'hectare et le droit de l'eau d'irrigation est conditionné par la simple paye de ces cotisations. Ce type de gestion de l'eau quasi-généralisée dans les oasis, sauf quelques exceptions, ne tient pas compte de la différence d'efficacités caractérisant les agro-systèmes de production et sanctionne ceux qui sont de meilleures performances. En accordant systématiquement à tous les usagers, le droit à l'irrigation, ce mode de gestion engendre un gaspillage et une mésentente de la ressource.

8 - Externalités entre usagers

Les conflits d'intérêt ainsi que les caractéristiques hydrogéologiques des nappes souterraines dans le sud, engendrent des externalités réciproques supportées par les différents usagers. En effet, le pompage excessif de l'eau, effectué par certains, usagers, entraîne un rabattement plus ou moins poussé des nappes qui se traduit par des coûts supplémentaires de pompage pour d'autres usagers. Ainsi la surexploitation des nappes consécutive à l'usage illicite et non autorisé provoque non seulement le rabattement des nappes mais aussi la salinisation des eaux. Cette salinisation est due à l'alimentation, par les nappes salées des chotts, des nappes existantes. Ce phénomène constitue une véritable menace pour les usagers actuels et peut entraîner l'impossibilité d'entretenir certains d'entre eux. Les coûts d'externalités infligés à certains usagers ou à la communauté (société), par les activités d'autres ne sont pas pris en considération dans le calcul économique. Il s'en suit des coûts plus bas encourageant l'exploitation et l'épuisement plus rapide des ressources en eau comme le montre la figure ci-dessous. NERHER (1990) considère qu'il y a externalité "si une entité est affectée par une activité économique d'autres entités sans que les bénéfices soit partagés avec eux".

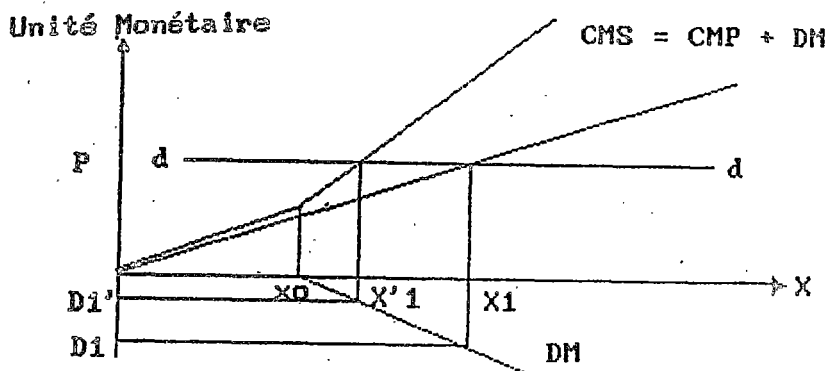


Fig.3: Effet d'externalités sur l'exploitation des ressources.

Lorsque, seul le coût marginal privé est considéré, le niveau d'exploitation de la ressource se fixe à X_1 alors qu'en considérant le coût marginal d'externalité (ou dommage marginal), le niveau d'exploitation est inférieur (X'_1) et la ressource est mieux conservée.

9- Vers une conception nouvelle de "l'économie d'eau"

Afin de contribuer à une conception intégrée et globale de l'économie d'eau, l'on est tenté, dans ce qui suit de proposer un essai de formalisation d'une éventuelle stratégie de lutte contre le gaspillage et de développement de l'économie d'eau d'irrigation qui pourrait s'appliquer au cas oasien. La figure N°4, montre bien que la notion de l'économie d'eau n'est pas une oeuvre purement technique mais plutôt c'est une entreprise intégrée qui nécessite la conjugaison de plusieurs actions inhérentes à divers aspects dont notamment :

9-1- Les aspects techniques:

Perçu sous l'angle de réduire et de minimiser les pertes de diverses formes, l'économie d'eau devrait inciter à améliorer le niveau de maîtrise des technologies de mobilisation et d'exploitation. En dépit de quelques tentatives(2), les efforts visant à résoudre les aspects techniques de l'économie de l'eau reste cependant à un niveau inférieur et devraient être dynamisés.

2. Une étude (Klila H. et al, 1991) a montré qu'en utilisant des systèmes d'irrigation appropriés l'on peut gagner 30% environ du volume d'eau d'irrigation alloué.

Fig N° 4

LUTTE CONTRE LE GASPILLAGE ET DEVELOPPEMENT DE L'ECONOMIE D'EAU D'IRRIGATION DANS LES OASIS

Aspects techniques

Améliorer le niveau de maîtrise de technologies d'exploitation et d'économie d'eau (forage, techniques d'adduction d'eau, etc...)

- Techniques appropriées.
- Entretien plus efficace des équipements.
- Viabilité meilleure des ouvrages...

Réduction des pertes et des fuites d'eau

Aspects législatifs et institutionnels

- Surmonter les contraintes socio-économiques d'application des textes en vigueur.
- Améliorer la législation existante.
- Doter les différents services concernés (législatifs, techniques...) des moyens d'exécution.
- Assainir la situation actuelle d'exploitation et d'accès irréglementaire aux ressources en eau (puits illicites,...).
- Réduire les externalités entre les différents usagers.

Minimiser l'exploitation anarchique des ressources en eau

Aspects de gestion et de tarification

Améliorer la gestion actuelle

- Encadrement efficace des structures actuelles.
- Les doter des moyens nécessaires.
- Tenter, à moyen terme, d'innover au niveau des systèmes actuels de gestion

Rendre les usagers plus sensibles à la valeur de la ressource.

- Rationalisation de l'utilisation de l'eau d'irrigation.
- Réduction des surplus des irrigants.
- Réduction des exploitations abusives et le surdosage de l'eau

Aspects d'allocation des ressources en eau

- Prendre en considération du différentiel de productivité et d'aptitude de valorisation des ressources en eau des divers systèmes de production dans les oasis.
- Allocation rationnelle inter-systémique.
- Allocation inter-temporelle et équité inter-générationnelle.

Rationaliser et mieux cibler l'allocation des ressources en eau mobilisées.

- Mieux valoriser les ressources

ECONOMIE D'EAU

9-2- Les aspects de gestion et de tarification:

Le développement de l'économie d'eau ne peut être atteint sans la conception d'un système rationnel de gestion et d'exploitation. En Tunisie, plusieurs systèmes de gestion sont essayés dont notamment celui qui est assumé par les usagers eux mêmes à travers les associations d'intérêt collectif. Cependant les formes de gaspillage persistent et des problèmes de natures diverses sont encore signalés. Un effort d'innovation à ce niveau, devient nécessaire afin d'instaurer des systèmes efficaces et viables. L'un des moyens envisageables consiste à encourager les recherches scientifiques, techniques et socio-économiques, de les bien cibler, et de les doter des moyens nécessaires. D'autre part les mêmes efforts de conception devaient être menés au niveau de la tarification, qui devrait répondre aux impératifs suivants:

- Mieux rendre compte de la valeur des ressources en eau,
- Tenir compte de l'efficacité des systèmes de production,
- Comptabilisation des externalités entre usagers.

9-3- Les aspects législatifs et institutionnels:

L'objectif de résoudre les aspects d'économie d'eau ne peut être envisagé sans l'instauration d'un appareil législatif et institutionnel adéquat. A cet égard, les textes (codes des eaux etc...) devraient tenir compte d'avantage des aspects et des contraintes socio-économiques des usagers. Afin de leur assurer l'efficacité et l'acceptabilité, ces textes devraient intégrer les aspirations des populations et les considérer comme acteur à part entière. Une opération d'assainissement de grande envergure de la situation actuelle (puits illicites...) constitue un préalable à la mise en oeuvre de tel cadre.

9-4- Les aspects d'allocation des ressources en eau:

Les aspects intéressants à prendre en considération à ce niveau peuvent être présentés ainsi:

- Allocation spatiale et régionale
- Allocation inter-sectorielle,
- Allocation intra-sectorielle et intra-systémique (entre les différents systèmes de production au sein du même secteur).
- Allocation inter-temporelle et équité inter-générationnelle

10 - Conclusion

La considération des aspects économiques à plus long terme par la stratégie, rend ce schéma de mobilisation plus cohérent avec la nature même des ressources dont la gestion est par excellence à long terme.

Un système de tarification qui incarne avec fidélité la valeur réelle des ressources en eau devrait sensibiliser, les usagers à mieux rationaliser l'exploitation et minimiser le gaspillage.

Le surplus des irriguants résultant d'une tarification basse de la ressource devrait être réduit progressivement. Enfin, il est souhaitable de réviser les bases de l'allocation des ressources en eau mobilisées. Les critères d'efficacité économique peuvent jouer un rôle prépondérant dans l'optimisation et la rationalisation de l'allocation de ces ressources.

D'autre part, il est recommandé que les aspects d'économie d'eau, pris dans un schéma intégré et global, soient considérés comme parmi les priorités absolues de la stratégie nationale de développement et de mobilisation des ressources en eau.

La mise en oeuvre, au sein de la stratégie, d'un plan spécial de lutte contre le gaspillage et de développement de l'économie d'eau dans les oasis, sont une nécessité pour préserver au processus de développement économique et social la durabilité souhaitée.

Références bibliographiques :

- ALAYA, K (1979) : "Identification et analyse des systèmes de production dans les oasis littorales". Mémoire de cycle de spécialisation de l'INAT Tunis. 142 p.
- BACHTA, MS (1976) : "Interactions des systèmes de production et de l'emploi dans le Djérid, cas d'étude, l'oasis de Nefta". Mémoire de cycle de spécialisation de l'INAT, Tunis, 98 p.
- DG/GR -DG/PDIA (1992) : "Tarification de l'eau d'irrigation pour un recouvrement total des frais de fonctionnement" Min. de l'Agriculture, Tunis, 4 p. + annexes.
- Direction Générale des Ressources en Eau (1990): "Stratégie pour le développement des ressources en eau de la Tunisie au cours de la décennie 1991-2000" Publication de la DGRE, Tunis, 30 p. + annexes.
- ESCHBORN, (1984) : Publication GTZ, 770 p.
- FICHER, A.C (1981) : "Resource and environmental economics" Cambridge University Press, Cambridge 284 p.
- HOME, CH.W (1979) : "Natural resources economics issues, analysis and policy" John MILLEY and sons, New-York, 350 p.
- JUST et Al (1991) : "Problems confronting the joint formulation of commercial agricultural and resources policies" Série Agricultural Management and Economics, Springer-Verlag Berlin, 387 p.
- NEHER ph.A (1990): "Natural resources economics, conservation and exploitation" Cambridge University Press. Cambridge, 360 p.
- PEARCE, D.W AND TURNER, R.K (1990) : "Economics of natural resources and environnement" Harvester Wheatsheaf, London, 378 p.
- SGHAIER, M (1984) : "Identification et analyse des systèmes de production agricole dans les oasis de Nefzaoua" Mémoire de cycle de spécialisation de l'INAT Tunis, 144 p.
- SGHAIER M., (1993) : "Considérations économiques pour une allocation optimale des ressources en eau en Tunisie. Séminaire sur l'eau et l'agriculture irriguée en Tunisie. Faculté des Lettres de La Manouba Tunis, 20-21 Mai 1993.
- SGHAIER M., (1993) : "Mobilisation, exploitation et gestion de l'eau au Maghreb". Cours spécialisé. Développement des zones arides et désertiques. CIHEAM-IAM-IRA, Novembre 1993.

**EVOLUTION DE LA PRODUCTION DES DATTES ET DISTRIBUTION
DE L'INTENSIFICATION DES CULTURES
DANS LES OASIS DU DJERID (1982-1992)**

CHEBBI Mohamed (*)

(*) : Arrondissement PDIA - CRDA Tozeur.

Résumé:

Evolution de la production des dattes: Il s'agit d'un suivi l'évolution de la production et de la productivité des différentes variétés sur la base des enquêtes annuelles sur les oasis:

* L'évolution globale de la production voisine de 18 % ne reflète pas l'importance des nouvelles créations et des extensions. Elle traduit la lenteur d'entrée en production de ces oasis: (4 % seulement proviennent de cette superficie qui atteint 19 % en plus).

* L'importance sur plusieurs plans de l'ancienne oasis et par conséquent le soin particulier qui doit être apporté pour sa protection par les différents intervenants.

* Si on a enregistré une amélioration sensible du rendement de l'ordre de 32 % entre 1982 et 1992. La valeur de ce rendement reste faible. L'étude des facteurs susceptibles de l'améliorer est indispensable.

* Pour le renouvellement de l'oasis, on constate l'existence d'un rythme propre de renouvellement de l'ancienne oasis qui explique les limites du programme de rénovation dans la région.

L'intensification des cultures dans les oasis (Enquête 1992): Tout comportement aussi incohérent qu'il paraisse, est régi par une rationalité. La présente enquête nous permet de dégager quelques traits caractéristiques du comportement des agricultures de la région vis à vis de l'intensification des cultures compte tenu de leur contexte : (Structure de la propriété, système de faire valoir, habitudes culturelles et alimentaires, commercialisation...). Le taux d'intensification varie selon le type d'oasis et reste dans les limites de 15 %. La vulgarisation en elle même signifie peu aux yeux des agriculteurs si elle n'entraîne pas sur le marché une plus value, de préférence immédiate et avec le moins de dépenses et de risque possible.

Assurer un niveau supérieur d'intensification sous entend l'intégration des activités agricoles dans un système de commercialisations plus développé avec des échanges et de besoins.

D'autre part, l'enquête a montré que le niveau d'intensification est plus important pour les parcelles de petite taille (Compensation au niveau du revenu). Pour les oasis modernes, s'orienter vers le développement de l'élevage semble être favorisé par la pratique des cultures fourragères. Enfin, le fait que la surface de maraîchage travaillée en hiver est voisine de celle de l'été montre que le facteur eau n'est pas le facteur limitant de l'intensification des cultures.

1) Evolution de la production des dattes (période 1982-1992):

a) Présentation de l'enquête sur les oasis:

L'objectif principal est l'estimation de la production des dattes. La Procédure est l'échantillons stratifiés selon le mode de plantation et l'homogénéisée. Les oasis sont ainsi classées en 5 catégories :

- * Les oasis traditionnelles ou anciennes oasis.
- * Les "oasis modernes" de taille de 2 ha.
- * Les oasis dites "nouvelles création" plantations encore jeunes de taille < 2ha.
- * Les "oasis extensions" dont l'irrigation se fait généralement à partir de puits de surface.

b) Evolution de la production globale:

L'évolution en dents de scie est liée essentiellement aux fluctuations saisonnières des conditions climatiques. La tendance générale montre par contre une amélioration de la production globale des dattes. Cependant cette évolution ne reflète pas l'importance des nouvelles créations et des extensions et traduit la lenteur d'entrée en production de ces périmètres. Sur une évolution de 4500 T, soit 18 %, 1000 T seulement viennent des nouvelles créations (soit 4 %) pour une augmentation de superficie de 1250 ha soit (19 %).

Tableau 1. Evolution de la production globale (Superficie en ha; Production: en 1000 T).

Année	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Sup. T	6500	7000	7300	7500	7600	7600	7600	7600	7600	7650	7750
Degla	14	16.5	14.5	15.5	18	16.5	19	20	19	17.5	17
Comm.		10	12.5	10.5	9.5	12	10	10	9.5	11	11.5
Total	24	29	25	25	30	26.5	29	29.5	30	29	28.5

c) Evolution de la production par variété:

Par variété, l'évolution montre que la part de Deglet-Nour dans la production globale reste variable d'une campagne à l'autre: 61 % en 1981 ; 82 % en 1985 ; 52 % en 1987 ; 63 % en 1990 ; 60 % en 1991 et 59,6 % en 1992. Pour les variétés Alligue + Akhouat, cette part passe de % en 1985 à 30 % en 1987, 19 % en 1990 , 22,5 % en 1991 et 19,3 % en 1992.

Variété Déglat: Elle constitue 59,6 % de la production totale pour l'année 1992. La production occupe entre 87 et 99 % de la production des différents types d'oasis contre 44 % de la production de l'ancienne Oasis. Cependant 51,2 % de la production totale de Déglat sont issus de l'ancienne oasis ce qui montre la prédominance de l'ancienne oasis non seulement pour les autres variété mais aussi pour la variété Déglet Ennour.

Variété Alligue: Pour l'année 1992, elle constitue 21 % de la production de l'ancienne oasis; 2,7 % de la production des oasis modernes et moins de 1 % pour les autres oasis. On note que 97 % de la production totale d'Alligue sont issues de l'ancienne oasis contre 2 % des oasis modernes.

Variété Akhouat: 5,8 % ancienne oasis; 1,1 % oasis modernes; négligeable pour le reste. D'autre part: 96,6 % de la production Akhouat sont issue de l'ancienne oasis contre 3 % des oasis modernes.

Variétés communes: 28,8 % dans les oasis anciennes; 12,2 % dans les oasis extensions 5,8 % dans les oasis modernes; 4,1 % dans les nouvelles créations; négligeable dans les oasis organisées. D'autre part 95 % de la production de communes proviennent de l'ancienne oasis contre 3,2 % des oasis modernes.

En résumé, sont issus de l'ancienne oasis: 51,2 % de la production de Déglet; 97,7 % de la production d'Alligue; 96,7 % de la production d'Akhouat; 95 % de la production de Communes.

d) Rendement moyen par pied chargé (kg/pied): Dans l'ensemble, si on examine l'évolution du rendement moyen entre 1982 et 1992 on constate une certaine amélioration (de 25 kg/pied en 1982 à 33,16 kg/pied en 1992). Cette amélioration reste néanmoins faible par rapport aux possibilités du palmier. on peut considérer que le rendement moyen est plus ou moins satisfaisant dans les oasis modernes et qu'il reste faible dans les oasis anciennes (28,1 kg/pied pour l'année 1992).

Tableau 2. Rendement minimum, maximum et moyen.

Variété	Déglat	Alligue	Akhout	Communes
De	19	14	15	15
à	46.5	57	60	50.4
Moyenne	30.4	27.9	30.8	32

e) Evolution du nombre de pieds chargés (période 1982-1992): Déglat Ennour: +9,8 %; Alligue+Akhout: -22,6 %; Communes: -3,7 %; Total: -1,5 %. On constate une fois de plus une évolution modérée (9,8 %) pour le Déglat qui ne reflète pas l'importance des nouvelles créations et des extensions et qui traduit la lenteur de l'entrée en production de ces oasis. Pour la variété Alligue (-22,6 %), et au-delà des variations saisonnières, traduit une diminution sensible du nombre de pieds chargés. Les variétés Communes enregistrent une relative stagnation avec une légère diminution (-3,7 %). La tendance générale (-1,5 %) reflète un renouvellement des oasis. L'évolution des variétés autres que le Déglat doit être suivie pour éviter leur disparition. L'ancienne oasis comparée aux autres contient un pourcentage écrasant du nombre de pied chargé pour les autres variétés et plus que la moitié 55 % pour la variété Déglat. Ces chiffres confirment sur plusieurs plans l'importance de l'ancienne oasis et par conséquent le soin particulier qui doit lui être accordé.

Tableau 3. Rendement par type d'oasis.

Nom des oasis selon mode de plantation	Nombre total de pieds chargés en %			
	Déglat	Alligue	Akhout	Communes
anciennes oasis	55.3 %	97.7 %	96.7 %	95.4 %
oasis modernes	11.7 %	2 %	2.2 %	2 %
nouvelles créations	9.7 %	-	-	1.6 %
oasis organisées	21.7 %	-	-	-
oasis extension	1.5 %	-	-	-

f) Renouvellement des oasis:

* 49 % de pied jeunes dans les nouvelles créations ce qui permettra une augmentation importante de la production de dattes Déglat pour ces oasis.

* 78,4 % de pieds jeunes dans les extensions ce qui traduit l'ampleur et la rapidité avec laquelle ce phénomène a eu lieu, l'évolution de la production liée à ce type d'oasis reste imprévisible puisque liée à une activité en grande partie non maîtrisée.

* 8,3 % de pieds jeunes dans l'ancienne oasis traduit le rythme propre de renouvellement de cette oasis et explique les limites du programme de rénovation qui reste assujéti au mouvement de renouvellement établie historiquement et lié à l'effort de conservation d'un niveau de revenu sans détérioration brusque.

g) Conclusion. L'examen des différents aspects dégagés par la présente enquête nous permet de tirer les conclusions suivantes:

i) l'importance sur plusieurs plans de l'ancienne oasis et par conséquent le soin qui doit être apporté pour sa protection par tous les intervenants.

i.i.) si on a enregistré une amélioration sensible du rendement de l'ordre de 32 % entre (1982 et 1992), la valeur de ce rendement par pied reste faible ; l'étude sérieuse des agents susceptibles de l'améliorer est indispensable.

i.i.i.) : Pour le renouvellement de l'oasis on constate à la fois le rythme propre de renouvellement de l'ancienne oasis et la lenteur d'entrée en production des nouvelles créations.

2)-Intensification des cultures dans les oasis (Enquête 1992):

a) Introduction: le but de ce travail est d'analyser le comportement des agriculteurs en ce qui concerne l'intensification des cultures dans les oasis du Djérid et ce à partir des chiffres de l'enquête d'occupation du sol. En effet si la production des dattes constitue la principale source de revenu, il est important pour une utilisation optimale des ressources et pour assurer une sécurité alimentaire au niveau national, de comprendre le comportement des Agriculteurs, de définir les handicaps et de cibler les interventions afin de leur assurer une meilleure efficacité.

b) Comparaison selon le mode de plantation:

- Globalement, la surface travaillée dans les oasis reste très faible (11,6 %); en écartant les fermes pilotes (stil, Manachi, CSPS) ce pourcentage est de 13,15 % légèrement meilleur mais toujours faible.

- Dans les oasis modernes et les sociétés civiles, le taux est légèrement plus élevé que dans les oasis traditionnelles.

- Les oasis traditionnelles et les oasis modernes de surfaces à peu près équivalentes (3220 et 3160) représentent ensemble 82 % de la superficie totale et l'amélioration du taux doit d'abord s'opérer à ce niveau (oasis modernes et oasis traditionnelles).

- Fermes pilotes: la STIL 945 ha (95 % des Fermes Pilotes) ne pratique pas de cultures intercalaire ce qui explique le taux très faible (0,8 %).

Tableau 4. Surface travaillée par type d'oasis.

Type d'oasis	Surface		Surf. travaillée ----- Surf. totale %
	Total	travaillée	
Oasis traditionnelles	3220	391	12.14
Oasis modernes	3160	440	13.89
S C M V	400	61	15.25
Fermes pilotes	995	8	0.8
Total	7775	900	11.6

c) Comparaison selon la nature des cultures: Dans les oasis traditionnelles, le taux des cultures maraîchères est sensiblement supérieur à celui des cultures fourragères (9,5 % contre 2,6 %), ce phénomène est inversé dans les oasis modernes (cultures maraîchères 4,6 % contre 9,2 % de cultures fourragères). Cela peut être expliqué par:

* Les oasis traditionnelles sont généralement proches des marchés locaux ce qui facilite l'écoulement des produits maraichers.

* La présence relative des Khammès dans les oasis traditionnelles facilite la pratique des cultures maraichères qui demande davantage d'entretien que les cultures fourragères et qui sert aussi à l'autoconsommation des Khammès.

* L'élevage bovin et ovin est plus fréquent chez les propriétaires des oasis modernes ce qui incite aux cultures fourragères d'autant plus que ces cultures ne nécessitent pas un entretien et une présence continue.

Tableau 5. Nature des cultures

Oasis	S.T (ha)	Cult. Marai. (s) %	Cult. Four. (s) %	% Total terre Travaillée
Traditionnelles	3220	306 9,5	85 2,64	12,14
Modernes	3160	146 4,62	293 9,27	13,89
Total	6380	452 -	378 -	-

d) Comparaison selon la taille des exploitations:

- **Oasis modernes:** Contrairement à l'ancienne oasis on remarque une grande homogénéité des surfaces due au lotissement (258 ha soit 8,1 % constituée de lots > à 3 ha). Malgré les possibilités des grandes exploitations, le taux d'intensification des cultures est inférieur à celui de la taille moyenne 10,2 % contre 14,2 dans les moyennes exploitations, le revenu des palmiers dattiers est assez élevé, les propriétaires sont peu intéressés par les autres cultures.

Tableau 6. Taille des exploitations.

	S.T	Cult. Maraich S (ha) %	Cult. Four. S (ha) %	% Total terre travaillée
Taille petite à moyenne < 2 ha	2902	134 4,6	278,5 9,6	14,2
Grandes exploitations > 3 ha	258	12 4,6	14,5 5,6	10,2
	3160	146 4,6	293 9,2	13,89

- Les oasis traditionnelles

- **Structure:** 62,2 % des superficies totales ont une taille > à 1 ha et leur nombre (qui peut être assimilé plus ou moins au nombre des propriétaires) est de 92,2 % du nombre total des parcelles. Les grandes exploitations représentent 10 % des superficies totales est leur nombre n'est que 0,8 % du nombre total. Pour la classe 1 qui concerne 39,6 % des superficies, la moyenne de taille d'une parcelle est de 0,19 ha taille extrêmement faible. La taille moyenne dans les oasis traditionnelles est de 0,39, ventilée comme suit:

*Tamerza: 0,19; *Degache: 0,30; *Nefta: 0,36; *El hamma: 0,38 *Tozeur: 0,94. L'oasis de Tozeur constitue une exception moyenne = 0,94 ha. La moyenne la plus faible est à Tamerza puis Degache.

Tableau 7. Taille des parcelles

classe	taille	superficie	%	Nbre des parc.	% du Nbre
1	> 0,5 ha	1275	39,6	6552	79,8
2	> 0,5 et < 1 ha	730	22,6	1017	12,4
3	> 1ha et 1,5	445	13,8	358	4,3
4	> 1,5 et < 2 ha	230	7,1	129	1,5
5	> 2 et < 3	216,5	6,7	94	1,1
6	> 3 ha	323,5	10	65	0,8
Total		3220	100	8215	100

- **Occupation du sol:** La remarque la plus importante est que l'intensification des cultures dans la classe 1 et 2 ($S < 1$ ha) est beaucoup plus importante que pour les classes plus grandes 14,4 % contre 6,6 pour les grandes exploitations; paradoxalement et contrairement à l'idée reçue que les petites tailles d'exploitation donnent des rendements inférieurs, on constate que l'intensification est plus poussée cela peut s'expliquer par:

* Un phénomène de compensation au niveau du revenu, la petite superficie de la parcelle est compensée par un niveau supérieur d'intensification, le revenu assez important des grandes exploitations dispense les propriétaires des autres types de cultures.

* Les parcelles de taille moyenne (entre 1 et 2 ha) ont un niveau d'intensification moyen (10 à 12 % de la superficie totale).

- Pour l'ensemble des classes de taille dans les anciennes oasis les cultures maraîchères occupent une place plus importante que les cultures fourragères:

- Les taux pour les cultures fourragères sont assez proches dans toutes les classes de taille alors que la différence est notée dans les cultures maraîchères.

Tableau 8. Occupation des sols.

Classe de taille	S	Cult. Maraich.		Cult. Fourrrr.		Total terre travaill.
		S (ha)	%	S (ha)	%	
1	1275	144	11,3	40	3,1	14,4
2	730	84	11,5	112	1,5	13
3	445	34	7,6	13,3	2,9	10,5
4	230	19	8,2	9,7	4,2	12,4
5	216,5	12	5,5	2,1	1	6,5
5	323,5	13	4	8,7	2,6	6,6
	3220	306	-	8,5	-	12,14

e) Cas spécifiques

- **Projet Ibn Chabbat:** L'enquête nous permet de situer des projets particuliers par rapport à l'ensemble des projets comparables existants. C'est le cas pour Ibn Chabbat.

* Le taux pour les cultures fourragères est comme prévu supérieur à celui des cultures maraîchères, mais il reste faible par rapport à celui des oasis modernes (5,32 % contre 27 %).

* La pratique des cultures maraîchères est encore plus limitée 1,31 % contre 4,62 % pour les oasis modernes et 9,5 % pour les oasis traditionnelles. Cela traduit les difficultés aggravées par l'absentéisme, les activités extra-agricoles et l'esprit "d'agriculteur assisté" qui compte systématiquement sur l'aide de l'Etat.

Tableau 9. Cultures

	S	Cult. Maraich Super. %		Cult. Four. Super. %		%Total
Ibn chabbat	1037	13,7	1,32	55,2	5,32	6,64
Oasis modernes	3160	146	4,62	293	9,27	13,89
Oasis traditionnelles	3220	306	9,50	85	2,64	12,14

- Les SCMY = (400 ha): Le taux de travail du sol est des plus élevés 15,25 %, les cultures fourragères sont peu pratiquées 2,7 %.

- Les grandes exploitations: On note que les grandes exploitations ont globalement un taux d'intensification très faible. Les grandes exploitations dans les oasis modernes ont un taux supérieur à celui des grandes exploitations des anciennes oasis cela est dû surtout à la pratique des cultures fourragères 5,6 % contre 2,6 % dans les oasis anciennes.

Tableau 10. Cultures dans les oasis

	S.T(ha)	Cult. Maraich. super %		Cult. Fourrag. super %		%Total
Dans les anciennes Oasis	323	12,9	4	8,7	2,6	6,6
Dans les oasis modernes	258	12,3	4,7	14,5	5,6	10,3

- Les extensions (450 ha)

- Les cultures maraîchères:

* Cultures d'été / cultures d'hiver: Les cultures d'été ont une superficie voisine des cultures d'hiver ce qui prouve que l'eau n'est pas le facteur limitant de l'intensification des cultures.

Tableau 11. Variation saisonnière des cultures.

	Superficie ha	pourcentage
Cultures d'été	250	49 %
Cultures d'hiver	256	51 %
Total	506	100 %

* **Les cultures selon leur importance:** Nous constatons que les cultures traditionnelles occupent la place la plus importante, les pratiques culturelles sont donc déterminées par:

- Les habitudes : aussi bien au niveau des Techniques culturelles qu'au niveau de la consommation locale. La production répond à un besoin local (piment, oignon...) dont l'écoulement sur le marché est sûr et conforme aux habitudes alimentaires de la région.

L'absence d'un marché régional qui facilite l'échange entre les régions et crée des besoins nouveaux susceptibles de stimuler la production et la diversification.

Le manque d'initiative, le choix de la facilité et la non prise de risques expliquent l'absence des cultures comme la pomme de terre, l'ail....

Enfin le mode de faire valoir, l'absentéisme et le revenu "assuré" par le palmier dattier explique en grande partie le comportement des agriculteurs ou "propriétaires" de la région..

Tableau 12. Détails des cultures maraichères

N°	Cultures	Superficie ha	pourcentage
1	Piment	11,84	23,40
2	Oignon	86,80	17,00
3	Melon Pastèque	75,62	14,90
4	Fève en vert	69,30	13,70
5	Légumes à feuilles	42,00	0,30

g) Conclusions:

Tout comportement aussi incohérent qu'il paraisse, est régi par une rationalité. La présente enquête nous permet de dégager quelques traits caractéristiques du comportement des agriculteurs de la région compte tenu de leur contexte: Structure de propriété, système de faire valoir, habitudes culturelles et alimentaires, commercialisation etc... : Maximiser leurs bénéfices tout en minimisant les dépenses et les risques. Assurer un niveau supérieur d'intensification pour répondre à l'objectif national et régional, sous entend l'intégration des activités agricoles de la régionales un système de commercialisation plus développe avec des échanges et des besoins nouveaux, la création d'un marché de gros régional constitue le premier pas à faire sur cette voie.

Les problèmes de structures (système de faire valoir, taille des parcelles...) sont plus difficiles à appréhender et ne peuvent être résolus que progressivement. La vulgarisation en elle même signifie peu de choses aux yeux des agriculteurs si elle n'entraîne pas une plus value sur le marché, de préférence immédiate, avec le moins d dépenses et de risques possibles : c'est la logique de l'agriculteur. D'autre part, l'enquête a montré que le niveau d'intensification est beaucoup plus important pour les parcelles de petite taille. Les exploitants de ces parcelles (Khammés, ou exploitants directs) sont les plus intéressés, ils doivent donc être ciblés par tout effort qui vise à développer la production maraichère dans la région. Pour les oasis modernes s'orienter vers le développement de l'élevage semble être favorisé par la pratique des cultures fourragères. La situation des fermes pilotes (Sodad + CFP = 995) avec un taux d'intensification quasiment nul (0,8 %) nécessite déjà un effort particulier pour une meilleure utilisation des ressources dans le secteur public. Pour résumer, les premiers pas à entreprendre pour arriver à un meilleur taux d'intensification et une meilleure utilisation des ressources sont :

- 1 - La création d'un marché de gros régional
- 2 - Cibler les exploitants des lots de petite taille (<1 ha).
- 3 - S'orienter vers l'élevage pour les oasis modernes et les grandes exploitations
- 4 - Continuer la politique d'encouragement pour l'économie d'eau.

Text block at the top of the page, containing several lines of illegible text.

Text block below the first paragraph, containing several lines of illegible text.

Text block below the second paragraph, containing several lines of illegible text.

Text block below the third paragraph, containing several lines of illegible text.

Table caption text, illegible.

Column 1 (illegible)	Column 2 (illegible)	Column 3 (illegible)	Column 4 (illegible)
100	100	100	100
100	100	100	100
100	100	100	100
100	100	100	100
100	100	100	100

AMENAGEMENT ET GESTION

DES OASIS:

MODELE A PRESCRIRE

Main body of text describing the model, containing several paragraphs of illegible text.

Text block in the lower middle section, containing several paragraphs of illegible text.

Text block at the bottom of the page, containing several lines of illegible text.

RECOMMANDATIONS

Au cours de ce séminaire, il est apparu que le milieu oasien est complexe et menacé dans son existante. Sa survie dépend d'abord du bon usage de l'eau dont les ressources sont peu renouvelables. La bonne gestion de ces eaux assez chargées suppose une bonne évacuation des sels, qui menacent les parties basses des paysages et contaminent les nappes.

Si le comportement de l'agriculteur est fondamental dans le travail du sol et les stratégies agricoles, il apparaît qu'il ne maîtrise pas toujours les méthodes d'irrigation rationnelle.

Il importe de protéger l'environnement des oasis des sels et de la dégradation des sols. La problématique de la maîtrise des eaux et des sels peut être résolue si l'on connaît tous les termes du bilan hydrique et salin de l'oasis (apport, infiltration, rétention dans les sols, concentration et transfert dans les nappes, exportation par les plantes, remontées capillaires et évaporation).

Ce séminaire a fait le point sur les connaissances actuelles en Tunisie sur la salinisation des sols et la gestion des eaux dans les oasis. Les études faites sur ce sujet sont nombreuses en Tunisie, cependant, certains points restent à approfondir. Les points qui ont été le plus souvent cités par les intervenants sont les suivants :

1. La nécessité d'étudier les eaux de drainage et de nappe, leur qualité, leur réutilisation et leur dispersions dans le paysage vers les parties basses de manière à élaborer des stratégies anti-contamination.

2. La nécessité d'étudier les besoins en eau des cultures in situ et la résistance des espèces à la salure et à l'hydromorphie (seuils de tolérance).

3. La nécessité d'étudier les phénomènes sol-atmosphère (capillarité-évaporation) qui sont mal connues.

4. Introduire la modélisation comme moyen et comme outil de gestion des eaux et des sols, et mettre en place un SIG propre aux oasis.

5. Etudier les tours d'eau et les adapter aux besoins réels de la plante et des qualités de rétention du sol.

6. Impliquer, dans toutes ces études, l'agriculteur et les institutions concernées par les programmes d'économie de l'eau.

Toutes ces recommandations conduisent à proposer une action pluridisciplinaire sur les oasis (milieu qui se prête particulièrement bien pour associer pédologues, hydrogéologues, bioclimatologues, socio-économistes) qui sera focalisée sur des sites représentatifs du sud tunisien.

A côtés de ces recommandations les participants ont souligné la gravité du problème des extensions illicites qu'il faut contrôler. Pour l'avenir et pour de nouvelles créations, il serait indispensable d'intégrer obligatoirement le drainage, sur la base des cartes d'aptitude des sols.

Enfin l'intégration d'un tel projet à savoir la réhabilitation du milieu oasisien dans le cadre de la coopération de l'A.C.S.A.D., Ministère de l'Agriculture (Direction des Soils) et le concours de l'O.R.S.T.O.M., est de nature à stimuler la recherche scientifique par l'échange des expériences et de l'information.

التوصيات

إتضح خلال هذه الندوة أن الوسط الواحي وسط مركب وهش يهدده كثير من المخاطر . وأن المحافظة عليه مرتبطة في المرتبة الأولى بمدى حسن إستغلال الموارد المائية التي تتسم بضعف تجدها السنوي .

إن حسن إدارة هذه الموارد المائية ذات الملوحة المرتفعة نسبيا يتطلب صرفا جيدا لهذه الأملاح التي أصبحت تهدد الأماكن المنخفضة بالواحات وتلوث الموائد المائية المتواجدة بها

وفي هذا المجال فإن دور الفلاح يبقى رئيسيا فيما يتعلق بخدمة الأرض وإنجاح الإستراتيجية الفلاحية غير أنه يبقى إلى حد الآن غير متمكن من التحكم في طرق الري .

وفي هذه المرحلة وجب إعارة أهمية قصوى للمحافظة على المحيط الواحي من خطر الأملاح وتدهور نوعية التربة. ذلك أن إشكالية التحكم في المياه والأملاح يمكن أن تجد الحل المناسب إذا ما تمكنا من معرفة كل المعطيات الخاصة بموزانات مياه الري والأملاح في الواحات (مياه- التسرب - إمتصاص التربة- تركيز الملوحة- الصعود الشعري- التبخر).

وكانت هذه الندوة فرصة لعرض ونقاش ما وصلت إليه البحوث والتجارب في ميادين إدارة الموارد المائية وتطور الملوحة بالأراضي في الواحات. وفي هذا الصدد فإنّ البحوث التي إهتمت بهذا الموضوع كثيرة ومتنوعة غير أنّ بعض النقاط تحتاج إلى مزيد من التعمق والتوضيح.

أمّا بخصوص النقاط التي تعرض إليها المتدخلون في هذه الندوة فهي على النحو التالي :

- (1) ضرورة دراسة الموائد السطحية ومياه الصرف من حيث نوعيتها الكيميائية وإمكانية إعادة إستغلالها مع دراسة توزيعها في المناطق المنخفضة من الواحات حتى نتمكن من وضع إستراتيجية للحدّ من التلوث الملحي.
- (2) ضرورة ضبط الحاجيات المائية للغراسات الواحية ومعرفة مقاومة هذه الزراعات للأملح.
- (3) الأخذ بعين الإعتبار علاقة التربة بالفلاف الجوي (صعود شعري-تبخر).
- (4) إدماج النماذج الرّياضية في إدارة موارد المياه والتربة ووضع نظام إعلامي جغرافي (SIG) خاص بالواحات.
- (5) دراسة الدورة المائية للرّي في الواحات وجعلها مطابقة للحاجيات الفعلية للزراعات ونوعية رطوبة التربة للأراضي. ولنجاحة هذا العمل ينبغي إدماج الفلاح والمؤسّسات العلمية بتطوير برامج الإقتصاد في مياه الرّي.

مع العلم أنّ كلّ هذه التّوصيات تؤدي إلى إقتراح محطة عمل متعددة الإختصاصات لدراسة الواحات التي تشكل نموذجا جيّدا لإتشريك عدد كبير من الخبراء والمختصين (تربة-موارد مائيّة - مناخ - زراعة-علم إجتماع وإقتصاد) وذلك بتركيز إهتمامهم على مواقع نموذجية من الجنوب التونسي.

وستمكن هذه الدراسة كل الباحثين والمهندسين
من إدماج مقاييس مختلفة وخاصة بالوحدات المعتمد
مضاعفة اللقاءات لمتابعة التوصيات الواردة في هذا المجال

وأخيرا يمكن إدراج مشروع النهوض بالوسط الوا
مع المركز العربي لدراسات الأراضي القاحلة والمناطق
ووزارة الفلاحة (إدارة التربة) بمساعدة المعهد الفراع
للتعاون (ORSTOM) وهذا من شأنه إثراء البحث العا
التجارب والمعلومات.

L'ETUDE DES OASIS TUNISIENNES.

ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

**L'ETUDE DES OASIS TUNISIENNES:
ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE**

L'ETUDE DES OASIS TUNISIENNES: ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

I. INTRODUCTION

A notre connaissance, aucune compilation bibliographique de synthèse n'a été faite sur les milieux oasiens. Le problème est pourtant important pour la Tunisie. Cette compilation bibliographique est un outil de travail au service de tous ceux qu'intéresse la recherche et l'aménagement de ces milieux. Elle permet de déceler les tendances de recherche et les aspects abordés et de définir les priorités de tout programme nouveau. Les références ont été transcrites telles qu'elles apparaissent dans les fonds documentaires des institutions qui ont été consultées (Direction des Sols, Centre de Recherche du Génie Rural, Faculté des Sciences de Tunis, Institut National Agronomique de Tunisie, Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie, Service des Mines, Centre National d'Etude Agronomique et mission ORSTOM en Tunisie). Il est clair que la liste que nous avons obtenue ne peut pas être exhaustive ni définitive. De plus, quelques références sont incomplètes; elles n'en sont pas moins utiles pour une recherche bibliographique, et à ce titre elles ont été listées comme les autres.

II. ANALYSE BIBLIOGRAPHIQUE

Nous avons rassemblé dans ce premier travail 120 titres de publications et études diverses sur les oasis de Tunisie. Nous avons distingué cinq critères qui permettent de regrouper ces publications: le thème, le public à qui elles s'adressent, l'auteur, sa nationalité et enfin l'étagement dans le temps.

II.1. Suivant le thème:

Compte tenu des priorités de développement et de recherche, trois thèmes sont plus abordés dans ces études. Les travaux d'aménagement et de mise en valeur sont les plus fréquents, plus de 49,2 %, suivis par les études agronomiques et socio-économiques (environ le quart), puis les études sur le fonctionnement hydrique et géochimique des sols, environ 21,7 % (Tableau 1).

Dans l'aménagement et la mise en valeur des oasis, les études pédologiques concernent plus de 27 références dont plusieurs pour la rénovation d'oasis ou la création d'autres. Quand il s'agit de création, les investigations des ressources en sols sont généralement précédées par des prospections hydrogéologiques pour évaluer les ressources en eau. A ces études hydro-pédologiques succèdent généralement des enquêtes technico-économiques. Dans la rénovation et la sauvegarde d'oasis, des études sont initiées pour définir les paramètres de gestion de l'eau d'irrigation.

Selon les thèmes, qui sont en rapport avec les objectifs, nous en déduisons que la gestion des irrigations, les besoins du palmier dattier, le fonctionnement hydrique des sols et le drainage sont des thèmes prioritaires dans les nouveaux programmes. De même, les études multidisciplinaires, pratiquement inexistantes, doivent être initiées pour étudier les variations dans les oasis en terme de bilan entrée-sortie.

Tableau 1. Répartition des études suivant le thème.

Thème	Nombre de références	Pourcentage %
Aménagement et mise en valeur	59	49,2
Fonctionnement hydrique et géochimique	26	21,7
Etude agronom. et socio-économique	35	29,1
Total	120	100,0

II.2. Suivant le public:

Plus du tiers des études sont à l'intention des décideurs: responsables régionaux et nationaux et bailleurs de fonds (Tableau 2). Ces responsables, préoccupés par le développement régional, sollicitent les études de reconnaissance des ressources naturelles, les actions de sauvegarde et de rénovation ainsi que celles de création de nouvelles oasis pour assurer et accroître les productions agricoles et créer des ressources de revenus pour les habitants. Situées loin des institutions d'enseignement et les centres de recherche agricoles, les oasis font rarement l'objet d'étude de la part des chercheurs. Il ne faut pas les en vouloir, les moyens matériels mis à leur disposition ne leur permettent que d'assurer des travaux intermittents, ce qui les incite à préférer les régions accessibles à partir de Tunis. Nous en déduisons, qu'en parallèle aux études financées par les responsables pour des fins de développement, il est actuellement plus que pressant pour alimenter ces premières, d'encourager des recherches spécifiques à la problématique de ces milieux car les progrès en agriculture ne peuvent se concevoir au stade actuel de notre développement que par la recherche adaptative et par un transfert de technologie.

Tableau 2. Répartition des études suivant le public.

Public	Nombre de références	Pourcentage %
Décideurs	45	37,5
Communauté scientifique	75	62,5
Total	120	100,0

II.3. Suivant l'auteur:

Ce point est très dépendant du précédent. Nous ne revenons pas sur des constatations déjà mentionnées. Suivant l'auteur, un tiers des études sont exécutées par des bureaux d'étude, moins de la moitié par des ingénieurs et à peu près le cinquième seulement entreprises par des chercheurs (Tableau 3). Tous les travaux préparés par les bureaux d'étude répondent à des demandes de la part des décideurs. Ceux menés par les ingénieurs proviennent essentiellement de pédologues et hydrogéologues. Les travaux de recherche émanent principalement de deux directions techniques du Ministère de l'Agriculture, deux institutions de recherche et d'un institut d'enseignement agronomique et d'un institut français de coopération, en l'occurrence et respectivement la Direction des Sols, la Direction Générale des Ressources en Eau, le Centre de Recherche en Génie Rural, l'Institut National de Recherche Agronomique de Tunisie, l'Institut National Agronomique de Tunisie et l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM). Il s'ensuit que l'implication des chercheurs est plus que

conseillées dans de futurs programmes pour affiner et améliorer les approches, les méthodes et outils de travail.

Tableau 3. Répartition des études suivant l'auteur.

Auteur	Nombre de références	Pourcentage %
Bureau d'étude	40	33,3
Techniciens	54	45,0
Chercheurs	26	21,7
Total	120	100,0

II.4. Suivant la nationalité de l'auteur:

Plus de la moitié des études sont l'oeuvre de techniciens et chercheurs tunisiens, 29,2 % sont réalisées essentiellement par des français et seulement 12,5 % sont le fruit d'une collaboration mixte (Tableau 4). Il en ressort que les milieux oasiens retiennent relativement peu l'attention des tunisiens. En effet, 41,7 % des études sont étrangères ou mixtes.

Tableau 4. Répartition des études suivant la nationalité.

Nationalité de l'auteur	Nombre de références	Pourcentage %
Tunisiens	70	58,3
Etrangers	35	29,2
Mixtes	15	12,5
Total	120	100,0

II.5. Suivant l'étagement dans le temps:

Parmi les études répertoriées, quelques unes remontent au début du siècle. C'est seulement à partir de la fin des années cinquante que l'édition d'ouvrages traitant des oasis deviennent plus fréquente (Tableau 5). Dans les années soixante, la moyenne est de trois études par année. La moyenne actuelle est de l'ordre de quatre travaux par an.

Tableau 5. Répartition des études suivant l'étagement dans le temps.

Etagement dans le temps	Nombre de références	Pourcentage %
Avant 1960	9	7,5
Entre 1960 et 1970	31	25,8
Entre 1970 et 1980	37	30,5
Entre 1980 et 1993	42	35,0
Non datée	1	1,2
Total	120	100,0

II.6. Analyse multi-critères:

Dans notre précédente analyse, nous nous sommes restreints à l'examen de la fréquence des travaux par critère de jugement. Comme certains critères sont inter-dépendants, le recouplement des informations est très intéressant pour expliquer les variations des fréquences. Pour ce faire, nous nous sommes basés sur le tableau 6 à double entrées. Chaque critère qui apparaît dans une colonne verticale est recoupé aux autres disposés horizontalement. Les études d'aménagement et de mise en valeur sont essentiellement à l'intention des décideurs, réalisées par les bureaux d'étude et les ingénieurs, pour la majorité des tunisiens, en particulier entre les années soixante et quatre vingt. Le fonctionnement hydrique et géochimique des sols s'adresse plus à la communauté scientifique. Ces études entreprises par les ingénieurs et les chercheurs tunisiens et étrangers particulièrement depuis les années quatre vingt. Dans les années soixante, l'intérêt avait porté sur les encroûtements gypseux et la gestion des irrigations. La formation des ingénieurs tunisiens spécialisés depuis les années quatre vingt s'est traduit par un intérêt plus accru vers les milieux oasiens. Les aspects agronomiques et socio-économiques intéressent à la fois la communauté scientifique et les responsables. Les bureaux d'étude pour la socio-économie et les chercheurs pour l'agronomie sont plus concernés que les techniciens. Les techniciens et chercheurs étrangers sont actuellement relayés par des tunisiens. Depuis les années soixante dix, les responsables réclament de plus en plus d'études technico-économiques pour la réhabilitation et la création d'oasis. Pour identifier les problèmes et formuler les solutions, les décideurs s'adressent aux bureaux d'étude qui confient à ces cadres tunisiens l'exécution des notes et rapports. Ceci est plus remarquable durant les années soixante dix. Les techniciens et chercheurs tunisiens et étrangers se partagent les publications adressées à la communauté scientifique. Les étrangers prédominaient durant les années soixante et les tunisiens depuis les années quatre vingt. Les bureaux d'étude ont employé essentiellement des tunisiens pour l'exécution de ces études durant les années soixante dix. Dans la catégorie des techniciens, les tunisiens dépassent de peu les étrangers. Les seconds prédominaient au cours des années soixante. Les premiers les relayent depuis plus d'une décennie. Les chercheurs étrangers se sont plus préoccupés des oasis. Ces recherches se sont intensifiées depuis les années quatre vingt. Enfin, les tunisiens, absents avant les années soixante deviennent de plus en plus nombreux à s'intéresser à ces milieux. Le nombre d'études réalisées par des étrangers s'est plus au moins conservé avec une baisse sensible au cours des années soixante dix.

CONCLUSION

La gestion des irrigations, les besoins du palmier dattier, le fonctionnement hydrique des sols et le drainage sont des thèmes prioritaires dans les nouveaux programmes. De même, les études multidisciplinaires et les approches globales doivent être initiées pour étudier les variations dans les oasis en terme de bilan.

En parallèle aux études initiées par les responsables pour des fins de développement, il est plus que pressant pour alimenter ces premières, d'encourager des recherches spécifiques à la problématique de ces milieux car les progrès en agriculture ne peuvent se concevoir au stade actuel de notre développement que par la recherche adaptative et par un transfert de technologie.

Les milieux oasiens retiennent relativement moins l'attention des tunisiens que les autres milieux. La participation des chercheurs est plus que conseillée dans de futurs programmes pour affiner et améliorer les approches ainsi que les méthodes de travail.

La formation des ingénieurs tunisiens spécialisés depuis les années quatre vingt s'est traduite par un intérêt plus accru vers les milieux oasiens.

Les techniciens et chercheurs étrangers sont actuellement relayés par des tunisiens. Depuis les années soixante dix, les responsables réclament de plus en plus d'études technico-économiques pour la réhabilitation et la création d'oasis.

Tableau 6. Analyse multi-critères

	Aménagement et mise en valeur										
	Fonctionnement hydrique et géo.										
	Etude agro et socio-économique										
	Décideurs										
	Communauté scientifique										
	Bureau d'étude										
	Techniciens										
	Chercheurs										
	Tunisiens										
	Etrangers										
	Mixtes										
Décideurs	24	4	17								
Communauté sci.	35	22	18								
Bureau d'étude	24	1	15	40	-						
Techniciens	33	16	5	3	51						
Chercheurs	2	9	15	2	24						
Tunisiens	39	14	17	33	37	31	29	10			
Etrangers	17	7	11	3	32	-	23	12			
Mixtes	3	5	7	9	6	9	2	4			
Avant 1960	5	2	2	-	9	-	8	1	-	9	-
Entre 60-70	21	6	4	9	22	7	22	2	15	13	3
Entre 70-80	21	4	12	23	14	22	10	5	27	2	8
Entre 80-93	11	14	17	13	29	11	13	18	27	11	4
Non datée	1	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-

Bibliographie Oasis.

1. ABIDI A., 1985- Nappes phréatiques des oasis du Djerid. Ressources en eau de la Tunisie, DRE, n°8, p: 49-54.
2. AMAMI A., 1983- Présentation des résultats obtenus après une année de mesure concernant le microclimat des oasis du Sud-Ouest tunisien (Kébili) dans le but de leur aménagement. Ecole supérieure de Chott Mariam, 83p. 423 (461).
3. BALDY CH., 1985- Contribution à l'étude des applications de la bioclimatologie végétale à l'agrométéorologie des zones arides et semi-arides en climats méditerranéen et tropical. Univ. d'Aix-Marseille. Thèse 225 p. (AGRIS-86/017364/).
4. BALDY CH., COINTEPAS J.P., POUGET M., 1967- Parcelle d'essai de Ksar Rihane: résultats de 15 années d'essais. S/Secr. d'Etat d'Etat à l'Agriculture, Etudes Spéciales, 42 p. (ORSTOM-TU2679/).
5. BECOMEY-PAVA, 1964- Etude des périmètres irrigués type en Tunisie. Secrétariat d'état à l'agriculture, Tunis, 48 p. (ORSTOM).
6. BEDOUCHA-ALBERGONI G. 1976- Système hydraulique et société dans une oasis tunisienne. Etudes Rurales, n° 62, p. 39-72. (ESA-77685051-CAB).
7. BELGHITH N., 1977-Sauvegarde de l'oasis de Bouchemma Gabès, Mémoire INAT, 172 p. (1243)
8. BEL HADJ AMOR M., 1970- Potentialité de l'exploitation des nappes souterraines dans le Sud tunisien: Gabès-Gafsa-Medenine, 29 p. (31220).
9. BELKHODJA K., 1967- Note provisoire sur les possibilités d'implantation de périmètres irrigués dans l'extrême Sud tunisien. DHER., Sect., Spec., Etude Pédo., Hydro. n°1.065/E, 10 p. 1 carte. (ORSTOM/2004).
10. BEN AYED, BRUNISSO, FOURNET, MARTINI, SOUISSI A., 1966- Reconnaissance pédologique des régions de Medenine, Zarzis et Ben Gardane. DHER., Sub., d'Etudes Pédologiques n°308, 5 p., 3 cartes. (DS/2089)
11. BEN GACEM A., Note sur les besoins en eau de l'oasis de Gabès. DRE, Tunis. (DRE).
12. BEN MARZOUK M., 1982- Contribution à l'étude hydrogéologique des régions de Gafsa Sud et d'El Guettar (Tunisie Méridionale). Thèse 3è cycle: Géol. Appl./ Paris 11/1982. (ESA-83436999-PASCAL).
13. BEN MARZOUK M., 1987-Carte des ressources en eau souterraine de la Tunisie: Feuille de Kébili n°22, Douz n°27, 23 p. DGRE. (4858)
14. BEN SALAH A., 1966- Etude de l'irrigation traditionnelle dans l'oasis de Gabès. Tunis. SSE Agr., n° ES-66, 15 p.
15. BEN SALAH A., 1968- Etude pédologique des oasis du groupe de Douz. DHER n°370, 45 p. (39086)
16. BEN SALAH A., 1968-Etude pédologique de l'oasis de Negga. n°375, DHER. (39090)

17. BEN SALAH A., 1968-Etude pédologique d'El Hamma de Gabès. n°383, DHER. (39012)
18. BEN SALAH A., REZGUI M., 1972-Etude pédologique de l'extension de Nechiou (El Guettar). n°459, Div., des Sols. 2 p. (39060)
19. BEN SALAH A., REZGUI M.H., 1974- Etude pédologique de la région de Nefta-Hazoua, Tunis, Div., des Sols.
20. BOUZAIDI A. 1982- Besoin en eau des palmiers. Cession de formation de Sidi Thabet. 19 Avr- 4 Mai 82, 8p. (CRGR/82 291).
21. CERAMELLE P., 1969- Note sur la situation hydrogéologique de l'oasis de Tozeur.. Tunis, BIRH., 4 p. (DRE).
22. CHAROY J., TORRENT H., 1990-Origine, gestion de l'eau, évaluation des aquifères dans les oasis, in: Les systèmes agricoles oasiens (Dolle V.; Toutain G.), actes de colloque de Tozeur 12-21 Nov. 1988, p:229-235.
23. CHERIF H., 1992-Contribution à l'étude de la bonification des sols sableux des oasis par un amendement argileux. Mémoire d'étude, 88 p. (7844)
24. CHOVEL W., HUNZINGER J., POUGET M., 1965- Etude pédologique des oasis de Gabès-Nord et leurs extensions (Tunisie). Etudes pédologiques. Section de Pédologie, S/Secr. d'Etat à l'Agriculture. 2 Vol. 68 p. (ORSTOM-TU3025).
25. CNEA, 1976- Etude de création d'oasis nouvelles. Min., Agric., Tunis, 69 p.
26. CNEA/DGR, 1976- Etude de sauvegarde des oasis du Sud tunisien. 11 v. 405 p. (2384)
27. CNEA/DGR, 1976- Etude de sauvegarde des oasis du Sud tunisien. Note n°1: Oasis de Gabès, 76 p. (2385) Note n°2: Oasis de Téboulbou, 32 p. (2386)
28. CNEA/DGR, 1977- Etude de sauvegarde des oasis du Sud tunisien. Note n° 4: Oasis de Ras El Aïn, 24 p. (2388) Note n°6: Oasis D'El Hamma de Gabès, 34 p. (2390) Note n°8: oasis de Tozeur, 23p. (2389)
29. CNEA/DGR, 1977- Etude de création d'oasis nouvelles: Forme de mise en valeur. Analyse du processus engagé et recommandations, 46 p. (2402)
30. CNEA/DGR, 1977-Etude de création d'oasis nouvelles: Première tranche: grand ensemble de 300 ha, 62 p. (2405)
31. CNEA/DGR, 1978-Etude de création d'oasis nouvelles: Dossier de factibilité de la première tranche. Rapport général, 134 p (2404)
32. CNEA/DGR, 1978- Etude de sauvegarde des oasis du Sud Tunisien. Projet de sauvegarde des oasis du Sud. Rapport de synthèse, 63 p. (2397)
33. CNEA/DGR, 1979- Projet de création et de rénovation d'oasis dans le Sud tunisien. Rapport général. Plan directeur des eaux du Sud. 63 p. (2407)
34. CNEA/DGR, 1979- Projet de création et de rénovation d'oasis dans le Sud tunisien. Plan directeur des eaux du Sud. 2 vol. 204 p. (2406)
35. CNEA/DGRHA, 1990-Etude d'exécution de sauvegarde d'oasis dans le Jérid. Groupement d'oasis de Tozeur. Avant projet, 104 p. (7361)

36. CNEA/FAO, 1977- Etude de sauvegarde des oasis du Sud tunisien. Note n°9: Etude de factibilité de sauvegarde de l'oasis de Dghoumess, 24 p. (2393)
37. CNEA/FAO, 1977- Etude de sauvegarde des oasis du Sud tunisien. Note n°10: Projet de sauvegarde des oasis de Chekmou et Hezoua, 37 p. (2394) Note n°11: l'oasis de Gabès, 54 p. (2395)
38. CNEA/FAO, 1978- Etude agro-économique de l'aménagement de l'oasis de Douz, 45 p. (2396)
39. COINTEPAS J.P. 1961- Compte rendu concernant la parcelle d'essais de Ksar Rhilane: Période 1952-1960. Etudes spéciales. Section Spéciale d'Etudes de Pédologie et d'Hydrologie, 20 p. (ORSTOM-TU2737).
40. DESSUS P., 1952- Note préliminaire concernant le périmètre irrigable de Chakmou. Section spéciale d'études pédologique et d'hydrologie, n° 377/E, 5 p. (2036).
41. DESSUS P., 1950- Note concernant les périmètres de Zarzis et l'utilisation des eaux des puits artésiens de Zaouia IV de Zarzis. (ORSTOM).
42. DESSUS P., GELPE J., 1953- Note sommaire concernant le périmètre d'El Faouar du point de vue drainage. Pub. n° 494/E.
43. DGR, 1979- Plan directeur de l'utilisation des ressources en eau et en sol du sud. Mise en oeuvre de la première tranche. Sauvegarde de l'oasis de : Douz, 55 p. (2441); Tozeur, 51 p. (2442); El Hamma du Jérid, 101 p. (2444) Avant projets.
44. DGR, 1979- Plan directeur de l'utilisation des ressources en eau et en sol du sud. Mise en oeuvre de la première tranche. Sauvegarde de l'oasis de : Ras El Aïn, 63 p. (2446); Ghennouche, 112 p.; (2450) Téboulbou, 78 p. (2451) Projets d'exécution.
45. DGR, 1985- Plan directeur des eaux du sud. 2ème tranche. Sauvegarde des oasis du gouvernorat de Gabès: Lot 3 phase 1: analyse de la situation actuelle, 69 p. (6304); Lot 1 phase 2: Avant projet, 162+91 p. (6369)
46. DGR, 1985- Projet de création d'une palmeraie de 2000 ha dans la région de Regim Maatoug Matrouha. Rapport préliminaire, 8 p.
47. DGR, 1986- Plan directeur des eaux du sud. 2ème tranche. Sauvegarde des oasis du gouvernorat de Gabès: Lot 1 phase 3: projet d'exécution, 94+128+195 p. (6262)
48. DGR, 1987- Plan directeur des eaux du Sud. 2ème tranche. Sauvegarde des oasis du gouvernorat de Gabès: Lot 2 phase 3, projet d'exécution, 114+148 p. (4487)
49. DGR/CNEA, 1977- Etude de la sauvegarde des oasis du Sud tunisien. Note n°5: oasis de Téboulbou, 390 p. (2389)
50. DGR/CNEA/AGRI BUSINESS CONSULTANTS TUNIS/ELECTROWATT (CH), 1983-Projet de rénovation et de création d'oasis dans le Nefzaoua. Oasis de Jedida; Oasis de Seftimi; Oasis de Guetaya. Avant projet d'exécution, 136 p. (5746)

51. DGR/CNEA/AGRI BUSINESS CONSULTANTS TUNIS/ELECTROWATT (CH), 1983-Projet de rénovation et de création d'oasis dans le Nefzaoua, 373 p. (5741)
52. DGR/GERSAR, 1979-Plan directeur de l'utilisation des ressources en eau et en sol du sud. Sauvegarde de l'oasis d'El Hamma du Djerid. Projet d'exécution, 101 p. (2444)
53. DGRST (Fra), ESCMS (Tun), Univ. Paris, 1983- Systèmes Agricoles. Rapport sur les premiers résultats de l'étude comparative du microclimat des oasis du Sud Ouest tunisien (Kébili) dans le but de leur aménagement. DGRST/81 L 1128, 125 pl.h.t. (ESA-83388162-BIOPASCAL).
54. DGPDI, 1991-Enquête sur les oasis, campagne 1989-1990, 7 p. (7419)
55. DPA, 1968- Etude préliminaire des oasis du groupe de Gafsa. El Guettar, Seldja, Tamerza, Mides, Foum El Kanga, Chebika, Berka. PAV-N°381, 14 p. (502558).
56. DPAEEP, Univ., Agronomique de Wageningen (NL), 1975- Le développement agricole dans le gouvernorat de Gafsa, situation actuelle et perspectives. Rapport général. 140 p. (269).
57. DPSAE, 1981- Enquête Oasis 1981, 14 p.
58. DPSAE, 1986- Axes de développement du gouvernorat de Gafsa, 55 p. (4331).
59. DPAE, 1978- Enquête oasis 1977, 9p. (ESA-80352246-CAB).
60. EL AMAMI S. 1979- Projet d'expérimentation d'irrigation goutte à goutte sur palmeraie, CRGR, 5 p. (CRGR).
61. EL AMAMI S., BALDY Ch., POUGET M.J., 1967- Rénovation d'une palmeraie littorale ancienne, étude de sa remise en culture intensive. INRAT vol.40, fasc.8 p:2-41. (ORSTOM).
62. EL AMAMI S., LABERCHE J.C., 1973- Climats et micro-climats des oasis de Gabès comparés à l'environnement désertique. Annales de l'INRAT, vol.46, n°3, p:1-20.
63. EL FEKIH M., 1966- Etude pédologique des oasis continentales du Djerid. H.A.R, Sect., Spec., Et., Pédo., Hydro., n°289, 2 volumes, 136 p.4 cartes. (2078/DS).
64. EL FEKIH M., 1988- Sols et eau dans les oasis. Journées d'études des régions présahariennes, Kébili, 20-23 mars, 6p.
65. EL FEKIH M., SELMI M., 1971-Etude pédologique de l'oasis d'El Hamma du Djerid. Div., des Sols. n°442, 24 p. (39037)
66. FAO/CNEA, 1977-Etude de sauvegarde des oasis du Sud tunisien. Note n° 7: Etude de faisabilité de sauvegarde de l'oasis d'El hamma du Jérid, 27 p. (2391)
67. GAILLARD C., 1957- Quelques aspects du problème de l'eau dans les oasis. Les cahiers de Tunisie, Revue des Sciences Humaines, Vol.5, n° 17-18, p:7-21.

68. GROTZ R., 1985- New developments in the Ben Galouf oasis (southern Tunisia). Geographisches Institut, Universität Stuttgart, Silberstr./ Applied Geography and Development, n°25, p 88-102. (ESA-85526923-CAB).
69. HAOUES H., 1963- Note sur les ressources en eau de l'oasis de Degache. BIRH, Tunis, 9 p. (DRE).
70. HER., DGR, 1968- Gouvernorat de Gafsa. Reconversion de l'Oasis de Gafsa, périmètre de Lella. Schéma de principe pour les aménagements hydrauliques. Calcul des surfaces et des besoins en eau, cartes. 17 p. (CNDA).
71. JOB J.O., MARAI M., 1990- Etude de la salinité de l'oasis d'El Guettar. Direction des sols, E-S 258. (379/ORSTOM).
72. JOB J.O., 1992- Les sols salés de l'oasis d'EL guettar. Thèse Doc., Univ., Montpellier II, 150 p. (ORSTOM).
73. KACEM M., 1990- Contribution à l'étude de la réutilisation des eaux de drainage dans le gouvernorat de Kébili. Cas du périmètre de SMIDA. Mémoire de 3ème cycle, INAT, Tunis, 127 p. (INAT).
74. KILANI M., 1986- Influence de l'état dans la transformation du système hydraulique du groupe d'Oasis de Gafsa (Tunisie)(Genève-Afrique). Vol. 24, n°2, p: 7-46.
75. LASRAM M., 1990-Les systèmes agricoles oasiens dans le sud de la Tunisie, in: Les systèmes agricoles oasiens (Dolle V.; Toutain G.), actes de colloque de Tozeur 12-21 Nov. 1988, p:21-27.
76. LAZAREV G., 1989- L'oasis une réponse à la crise des pastoralismes dans le Sahel? Cahiers de la Recherche-Développement, n°22, p 69-82. (ESA-90206135-CAB).
77. MAMOU A., 1976-Note à propos du projet de sauvegarde des oasis du groupe de la PIK (Presqu'île de Kébili) et de Mansourah, 4 p. DRE. (793)
78. MAMOU A., 1977- Ressources en eau de l'oasis de Bazma. DRE, 2 p. (931)
79. MAMOU A., 1987- Les aménagements hydrauliques traditionnels au Sud Tunisien. DRE, 16 p. (CRGR).
80. MAMOU A., 1981- Sauvegarde de l'oasis de Akamouche, 5 p. DRE, Tunis. (DRE).
81. MAMOU A., 1978- Le tarissement des sources artésiennes dans le Sud Tunisien et son effet sur l'augmentation de la salinité de l'eau, DRE, Gabès. 22 p. (DRE).
82. MAMOU A., 1980- Ressources en eau de l'oasis d'EL Hamma. DRE, Tunis, 29 p. (3466).
83. MARAI M., 1986- Contrôle de la salinité dans les oasis de Gafsa sud-ouest et de Lella, Dir.; des Sols. N°2049/E. (ORSTOM/DS).
84. MARTINI P. 1968- Etude pédologique de l'Oasis d'El Guettar. Etudes pédologiques. Service pédologique, S/Secr. d'Etat à l'Agriculture. (DS).
85. MARTINI P., 1967- Etude pédologique de l'Oasis de Tselsa (Gafsa). H.A.R., Sect., Spec., Et., pédo., Hydro. n°1082/E, 1 carte. (2030/DS).

86. MEJRI S., 1985- Associations of collectives interests (AIC) in the oasis of Gabes province. Cahiers de l'IRA, Institut des Régions Arides, Tunisia, n°2, 19 p. (ESA-87293015-CAB).
87. MEKRASI A.F., 1978- Comblement des déficits en eau d'irrigation dans la région de Ghannouch (Gouvernorat de Gabès). (DRE. 75.182).
88. MILLED M., 1970- Oasis de Gabès. CRDA de Gabès, 39 p. (50639)
89. MTIMET A., 1980- Note préliminaire concernant la région d'Oued El Melah Arrond. des sols., de Gabès ES-70 , 4pp. 2 cartes. (2081 /DS).
90. MTIMET A., 1991- Sauvegarde des oasis du gouvernorat de Gabès. Dir., des Sols, ES 259.
91. MTIMET A., BESBES M., BEN AMMAR M., BEL HADJ BELGACEM M. 1987- Sauvegarde des oasis du gouvernorat de Gabès: état de salure des sols et comportement hydrique. ES 241. Dir. des Sols, 57 p.
92. MUNIER 1973- Le palmier dattier. Collections techniques agricoles et productions tropicales. Maisonneuve et Larose 220 p. (CRGR).
93. NOVIKOFF G., 1963- Etude pédologique et possibilités d'aménagement de l'oasis de Gafsa El Ksar, rive droite. H.E.R., Subd., d' Etudes Pédologiques n° 235, 4p.
94. PAV, 1967- Oasis continentales du Djerid, Sedada, Kriz, Sebaa-Biar, Degache, 101 p. (30270)
95. PAV, 1968- Reconversion des oasis de Nefzaoua, 134 p. (30187)
96. PAVA, 1967- Unités coopératives de l'Oasis de Gafsa UC Sud Ouest A et B. 33 p.
97. PENET P., 1913- Quelques particularités de l'irrigation d'oasis. Bull., Dir., Agric., Comm., et Colonisation, n°70, p: 371-380.
98. PLATT K., 1983- An oasis in the sea: the economic organization of the Kerkennah Islands of Tunisia. Maghreb Review, Vol 8, n°1-2, p 38-44. (ESA-83398667-CAB).
99. PONTANIER R. 1968- Etude Pédologique des Oasis d'Ain Zérig. N°380 .HER (Tunisie. Service Pédologique, S/Secr. d'Etat à l'Agriculture. 26 p. (39083)
100. PONTANIER R., 1968- Etude pédologique des oasis de Gabès (suite) (Arram, groupe Zerkine, groupe Kettana). N°410. HER, 83 p. (39110)
101. PONTANIER R., 1967- Etude pédologique des oasis de la zone Mareth-Zarat. DRES, Div., Sols, n°ES-357, 80 p.
102. POUGET M. 1965- Etude pédologique des oasis de la presqu'île de Kébili et du groupe Mansoura. Tunis. Etudes Pédologiques. Section de Pédologie. S/Secrét. d'Etat à l'Agriculture, 2 Vol. (ORSTOM-TU2501).
103. POUGET M. 1947- Etude Pédologique des oasis de Zarzis. (Tunisie). Etudes Pédologiques. Section de Pédologie, S/Secr. d'Etat à l'Agriculture. 29 p.
104. POUGET M., 1966- Utilisation des eaux de la nappe du continental intercalaire région d'El Hamma. H.E.R., Subd., d' Etudes Pédologiques n°307, 2p. (2084/DS).

105. POUGET M., 1967- Etude pédologique de l'île de Djerba: H.E.R., Subd., d' Etudes Pédologiques n°320, 53 p., 2 cartes.
106. POUGET M., 1968- Contribution à l'étude des croûtes et encroûtements gypseux de nappe dans le sud tunisien. Cah. ORSTOM, Sér. Pédol. Vol VI, n°3-4, p:309-365. (267 /ORSTOM).
107. RICOLVI M., 1975- Quelques aspects de la mise en valeur du Jerid (sud tunisien). Options méditerranéennes, n°28., p:89-93. (DRE).
108. RIOU CH., 1990-Bioclimatologie des oasis, in: Les systèmes agricoles oasiens (Dolle V.; Toutain G.), actes de colloque de Tozeur 12-21 Nov. 1988, p:207-220
109. SAADI M., DUCHAUVELLE G., TOUTAIN G. 1979- Multiplication du palmier dattier. Etude de quelques facteurs conditionnant la reprise végétative des rejets du palmier dattier. Fruits, vol 34, n°9, p: 555. (INRAT).
110. SAJOUS, 1909- Retenues d'eau en plaine et en montagne dans la région du Nefzaoua. Bull. de la Dir., de l'Agri., du Commerce et de la Colonisation, n°51, p: 198-206. (33360)
111. SANTODIROCCO F., 1986- Le oasi continentali del sud tunisino: problematiche ed avvenire. Rivista di Agricoltura Subtropicale e Tropicale, Vol 80, n°2, p 143-164. (ESA-88350058-CAB).
112. SARFATTI P., ONGARO L., 1989- The continental oases of Southern Tunisia and the agrometeorological network of the Nefzaoua project. International Council for Research in Agroforstory, Nairobi (Kenya): ICRAF, 1989, p. 177-180 (AGRI-90/057685).
113. SCET-TN/DPDA, 1974-Etude du développement agricole des oïsis de la presqu'île de Kébili, 57 p. (30108)
114. SERV. ENQUETES STAT., 1962- Structure agraire des oasis de Gafsa 1962. Structure des exploitations agricoles en Tunisie. Enquêtes de 1961-1962, 49 p. (30854).
115. SGHAIER M. 1984- Identification et analyse des systèmes de production agricole dans les oasis de Nefzaoua. Mémoire de fin d'études. Institut National Agronomique de Tunis, 192 p. (INAT).
116. SIMONOT J., 1909- Le dattier en Tunisie. Cultures, variétés. Bulletin de la Direction de l'Agriculture du Commerce et de la Colonisation, n°52, p: 270-306.
117. SKOURI M., 1990- Les systèmes agricoles oasiens. Eléments de synthèse et conclusions, in: Les systèmes agricoles oasiens (Dolle V.; Toutain G.), actes de colloque de Tozeur 12-21 Nov. 1988, p: 331-335.
118. SOGETHA/HER, 1965- Aménagement des oasis du sud tunisien, groupes de: Gabès-Sud, Mareth, Kébili (presqu'île), Kébili (reste du groupe), région de Tozeur, Gafsa, région de Gafsa. Inventaire des études. 40 p. (50216).
119. TIXERONT J., 1946- Corbeille de Nefta. Analyse granulométrique. Service H.E.R., Tunis. (DRE).
120. TOUTAIN G., DOLLE V., FERRY M., 1989- Situation des systèmes oasiens en régions chaudes. Cahiers de la Recherche-Développement, n°22, p 3-14. (ESA-90206091-CAB).

وكذلك على إنتاجها ونوعيتها. فتجد الخضروات تحتل المركز الأول (بقوليات - فلفل - طماطم - جزر) الفول - البطيخ والدلاع ثم الشعير - القطن والقمح.

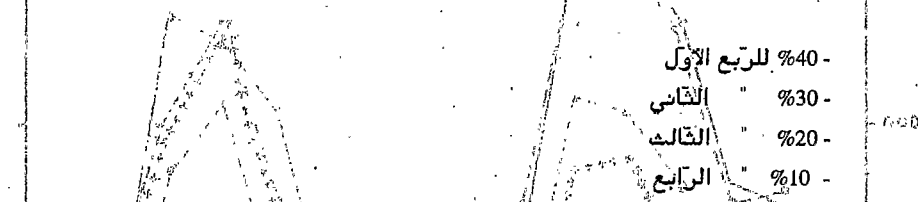
الأشجار : نخيل وزيتون ورتان - ولذلك فإنه يجب في بعض الأحيان التوقف عن هذا الإستغلال إن ارتفعت نسب الملوحة وذلك للمردود السكبي على الإنتاج بصورة عامة.

الخاتمة

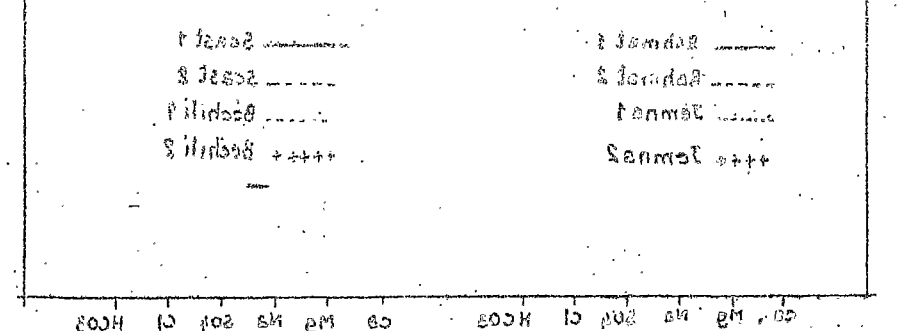
هذه الدراسة الأولية (والتي ستتواصل في السنين المقبلة) مكنتنا من تقييم مدى أهمية التراكمات الملحية والجبسية في المناطق الجافة للجنوب الغربي التونسي وإنعكاساتها على المردود الزراعي بالواحات حسب الطبقات الزراعية المستغلة : نخيل - أشجار مثمرة ونباتات بقولية.

يجب كذلك التركيز على الإشكالية الأولى للبيئة الجافة وهي معرفة كيفية إستعمال المياه العالية من أجل سدّ النقص الحاصل (Déficit Hydrique) بدون التسبب في تراكمات عالية للأملاح وارتفاع نسبي في معامل الحموضة pH ويؤدي بالتالي إلى فقدان قدرة الأرض على الإنتاج.

ولربط توزيع المياه بالتربة ودراسة جزء الإغتسال اللازم للمحافظة على الملوحة الموزية على المدى البعيد يجب التذكير بأن هناك 4 أجزاء في توزيع الرطوبة حسب العمق الأفقي.



وكما لاحظنا فإن تطور الأملاح ونوعيتها مرتبط أساسا بالموارد المائية واستعمالاتها كما ونوعا في محيط تغلب عليه نسبة التبخر والجفاف. وكذلك الدور الذي يلعبه المزارع في العناية بأرضه وصيانتها : حراثة عميقة في الصيف، إدماج المواد العضوية، العناية بشبكة الصرف والتي تدخل في المراقبة المستمرة لمستوى المائدة المائية وتأثيرها المباشر على التراكمات الجبسية في العمق أو في مستوى متوسطي للقطاع وعدم التوسع في المساحات الهامشية والمعادية للواحة.



Composition chimique des eaux de drainage

(Nefzaoua) 4/12/89

10.000

1000

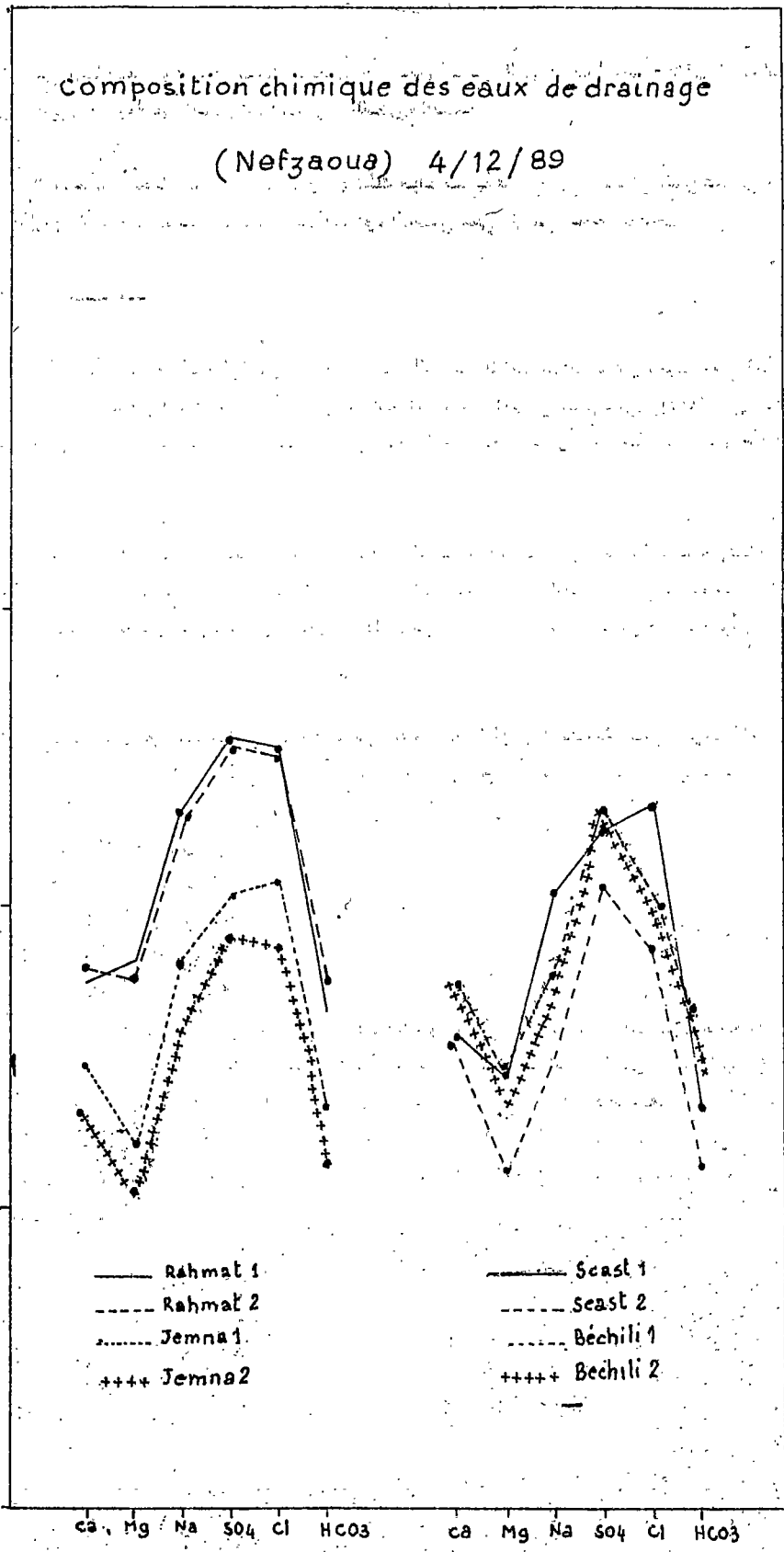
100

— Rahmat 1
 - - - Rahmat 2
 Jemna 1
 + + + + Jemna 2

— Seast 1
 - - - Seast 2
 Béchili 1
 + + + + Béchili 2

Ca Mg Na SO₄ Cl HCO₃

Ca Mg Na SO₄ Cl HCO₃



وحسب دراسة قديمة أولى لبعض أراضي نفاوة نجد أن الملوحة في مستوى السطح تقع ما بين 5 و 20 م.موس. ثم ما بين 10 - 15 م.موس في العمق. أما Na/T فيبقى تحت 10. إلا في الأراضي المنخفضة جداً والتي بها نسب من المليون 37.2.

مياه الصرف

- أما مياه الصرف في الشتاء فمعدل 10 عينات أعطت : 12.3 غ /ل (1964)، أما في سنة (1989) فمعدل 10 عينات كان بجهة واحات جمعة ودوز 6.4 غ/ل. كذلك بجهة قبلي والمنصورة. وهذا ناتج لتحسين شبكة مياه الصرف ثم النسبة الكبيرة لمياه الري المستعملة الآن وكذلك أمطار شهري نوفمبر وديسمبر 25 م ونوعية مياه الصرف الآن تغلب عليها أملاح الجبس والكلورير.

- أما مياه الري المستهلكة لسنة 1987 فهي كما ذكرنا وصلت حتى 5654 ل/ث وإذا وزعت على 7200 هك نجد نسبة 0.8 ل/ث/هك (صيفا - شتاء) وهي نسب كبيرة خاصة في الفصول الباردة.

فبعد تحليل معمق حسب معطيات رطوبة التربة : في نقطة الذبول ونقطة الإمتصاص القصوى ومع نسب كثافة التربة Da (حوالي 1.3). وحسب متطلبات النباتات للماء في الأشهر القصوى (جويلية - أوت) مع أخذ بعين الإعتبار طبقة الأشجار والتخيل وطبقة الخضروات ومراعاة نسبة الماء للغمسيل. فإتينا نجد إستهلاكاً قدر بحوالي 12.000 م³ /هك/ عام (إستهلاك التخيل للهكتار الواحد قدر ب 8600 م³ /عام، مع زيادة مقدار الغسيل 13%)

- وهذا التقييم لمساحة 7.200 هك تستهلك 86,4 10⁶ م³/عام، مع العلم أن كمية الإستغلال الجملي هي 178,3 10⁶ م³/في السنة.

$$178,3 10^6 - 86,4 10^6 = 91,9 10^6 \text{ م}^3$$

هذه الكمية من المياه الضائعة (والتي تقدر بحوالي 3 م³/ث) في الطبيعة ينتج وراءها ارتفاع للمائدة المائية السفلى وكثرة المستنقعات المحيطة بالواحات.

وهنا لزام علينا إيجاد حل لإستعمال هذه المياه (مياه صرف - ومياه الآبار بإستعمال العشوائيات) في خلق مساحات أخرى خضراء من غير حفرينات جديدة ربما تصل إلى مساحة مضافة (أي حوالي 3750 هك).

4- تأثير ملوحة المياه وبالتالي ملوحة التربة على الزراعات

هذه الملوحة العالية كما هو معروف لها نتائجها السلبية في كيفية إمتصاص التربة للماء والتي تنخفض شيئاً فشيئاً مع إرتفاع للضغط الترشيمي وكما هو معروف تصنف النباتات حسب حساسيتها وقدرتها النسبية في تحمل الملوحة في مناخ صحراوي جاف.

هذه القشرة المتواجدة عند السطح أو في العمق (60 - 100 سم) وحسب سماكة متغيرة (10 - 60 سم) لها صلة بالمحيط البيئي القديم (الظروف المناخية الدينامية البدولوجية) للعصور الغابرة، إلا أنها في المحيط الحالي تتغير بحكم الاستغلال الزراعي والأعمال المختلفة : تقليع وتكسير وذوبان.

1- نجد القشرة الجبسية السطحية الصلبة فوق رمل جبسي أو رمل طيني ذات الكويرات الجبسية العديدة في العمق وتراكماتها تظهر ورقية بيضاء وتتغير إلى صفراء خضراء في الأسفل . نسبة الجبس تصل حتى 75.5% وهي تحتل الأماكن العالية مع إنشقاق في السطح.

ب- القشرة الجبسية المرتبطة بمادة مائية قديمة وعلى علو متوسطي ذات لون أصفر بني داكن نجد فوقها التراكبات الرملية الجيدة والجبسية وهي كذلك لها تراكمات ورقية، نسبة الجبس ما بين 65 و 75%.

ج- القشرة الجبسية العالية والمتمركزة في العمق ولها ارتباط وثيق بأراضي المخفضات والمادة المائية السطحية ويصل سمكها حتى 50 سم مع نسب الجبس تتراوح بين 55 - 60 % وهي ذات لون أصفر واضح، مع الملاحظ أن في انخفاض الجبس يقابله ارتفاع في نسب الملوحة التي تصل حتى 20 مومس (وكلها عوائق لإنتاج زراعي مكثف إن لم نتم بعمليات الإستصلاح).

3- مياه الصرف وإمكانية استخدامها

قبل الشروع في هذا التحليل فإن الدارس يضع أمامه الأسئلة التالية : ماهي إمكانية التجاوب بين نوعية مياه الري عامة وهذا النوع من التربة ؟ ثم في وقت ثانی ماهي مياه الصرف المتواجدة كميتها ونوعيتها حسب الفصول ؟ أما متابعة الملوحة للأراضي فيجب أن تكون حسب رزنامة زمنية طوال السنة (فصل الشتاء وفصل الصيف) وطريقة العمل هي أخذ العينات من التربة حسب أعماق مختلفة مع مراعاة المادة المائية ومياه الصرف وتحليلها بالخبر. وقد إستعملنا في الفترات الأخيرة آلة الكهرومغناطيسية للمتابعة الجمالية للقطع المستغلة.

• الملوحة

وإنطلاقاً من تجربتنا على أراضي واحات ولاية قايس الساحلية في برامج المراقبة المستمرة للملوحة وتطورها فإن هذه الملوحة تتواجد حسب عدة إشكاليات (أراضي مهمل - أراضي لم ترو منذ مدة - أراضي مروية حسب جدول غير منظم - أراضي تنعدم فيها قنوات الصرف أو غير مباشرة للعمل - ثم نسب أمطار الشتاء وغسلها للتربة من الأملاح) وعند قيامنا بأعمال المراقبة قد وجدنا هذه الملوحة : في مستوى السطح، ثم في في عمق متوسطي (40 و 60 سم) وسلوحة سفلي و للتذكير فإن نوعية هذه الأملاح تغلب عليها الصودا. وتتغير المعايير حسب معدلات الجبس.

1- المحيط الطبيعي

إن مناخ هذه الجهة هو صحراوي: معدّل الهطول السنوي يتراوح بين 90 و 100 م في فصل الشتاء وتصل الفترة الجافة حتى 10 أشهر أما الرياح فهي متواجدة طوال السنة بمعدّل يوم لكل ثلاثة أيام: شمالية شرقية وجنوبية غربية وهي وراء كل التراكمات الكبيرة والمتواصلة حول المناطق السقوية. أما نسبة التبخر فهي كذلك عالية وتصل حتى 2000 م وخاصة عند هبوب الشهبلي (35 يوما في السنة).

والصخور الجيولوجية تبدا للعيان من سلسلة طباقية شمالا والشرقية لعصور الكريتاسي وتنتهي غربا في شط الجريد، تاركة وراءها هضابا شبه جزيرة قبلي، وكلها صخور كلسية متداولة مع صخور أخرى ذات هيكل طيني وجبسي ورمل، أما الطبقات العليا فهي متكوّنة من الرمال السطحية وهي بمثابة الصخور الأم لجميع الأراضي المستغلة فلاحيا، مع تواجد شبه كلي للقشرة الجبسية عند السطح وفي العمق.

- الموارد المائية تتكوّن من المائدات الثلاث: السطحية والمتوسطة والعميقة وقد ضبّطت في العشرية الأخيرة بدراسات دقيقة مع برامج إستغلال مستقبلية حتى سنة 2010.

المائدة القارة (700-1000 م) والمائدة الحملية النهائية (100-500 م) وقد وصل الإستغلال الفلاحي حتى سنة 1987 5.654 م³/3 الثانية، وقد تجاوزت بذلك الكمية المحددة وهي 5.380 م³/3 لعام 2010 (الزبيدي - 1988) مع ملوحة تتراوح بين 2.5 و 5 غرامات في اللتر الواحد.

2- موارد التربة والأراضي المستغلة حاليا بالواحات

إن مجموع مساحة الأراضي المستغلة حاليا (1990) بنفراوة تناهز 7500 هك وتنقسم إلى مجموعات: قبلي والمنصورة وجمنة ودوز.

ولالإشارة فإن هذه الأراضي إستغلت منذ العصور القديمة وتظهر الملوحة من حين إلى آخر في مختلف طبقاتها السطحية مع تواجد مائدة مائية في العمق (1-2 م)

- خصائصها

تركيبها الهيكلي يتركز على الرمل (رمل جيد) ومن حين لآخر وفي بعض الطبقات نجد الطمي أما الأملاح المتواجدة (السهلة أو المتوسطة الأوبان) فهي صودية وجبسية، وقد تتراكم هذه الأخيرة في الأسفل وتنتج عنها ظهور القشرة الجبسية ذات الإرتباط الوثيق بالمائدة المائية: أما مغذيات الرطوبة والمتصلة بالهيكل الغام للتربة وحسب التحاليل المختبرية فهي بين 9% نقطة الجول و 20% رطوبة الإمتصاص القصوى. وبذلك فإن هذه التربة القليلة الطين يسهل ترويح أملاحها بطريقة الغسل التقليدية والمتداولة عند الفلاحين (تناوب عمليّة الغمر).

القشرة الجبسية والتي تطالعا في كل هذه الأراضي (وكذلك أراضي الواحات الساحلية) تعتبر دائما عائقا أولا في كل إستغلال زراعي مكثف، فما هي خصائصها وكيفية تركيبها؟

مصادر التربة وإمكانية استخدام مياه الصرف الملحية

بواحات نغزاوة (الجنوب التونسي)

عمر مطيط

ملخص : يتناول هذا التقرير موضوع موارد التربة المتواجدة بجهة نغزاوة جنوب شط الجريد والتي تنحصر أساسا على الأراضي المروية للواحات وهي تنقسم إلى مجموعتين : مجموعة واحات شبه جزيرة قبلي ومجموعة واحات المنصورة ودوز. وهي لمتاز بتربة ذات قوام خفيف رملي جبسي أو رملي طمي مع ظهور للشرة الجبسية في العمق وقد بدأت في الفترة الأخيرة ظاهرة التوسع الجديد للأراضي المحيطة بالواحات القديمة والاستغلال العشوائي للمياه الجوفية وخاصة منها السطحية، كانت نتائجها السلبية تكثيف مياه الصرف في الأراضي المنخفضة المجاورة مع تأثير مباشر في علو مستوى المائدة المائية السطحية والملوحة وكذلك على نمو التبتة والمحصول الزراعي. فهل هناك طرق وحلول إذا ما استخدمت هذه المياه بعناية وفي ظل ظروف مواتية على هذا النوع من الأراضي الشبه الصحراوية ؟

Ressources en sols et possibilités d'utilisation des eaux de drainage dans la nefzaoua (sud tunisien*)

A.Mtimet

Résumé : Cette étude présente les ressources en sols de la région de Nefzaoua au Sud de Chott El-Jerid qui sont utilisées essentiellement en irrigué dans deux grands ensembles; celui des oasis de la presqu'île de Kébili et celui des oasis d'El Mansoura et Douz.

Tous ces sols sont caractérisés par une texture grossière sableuse ou sablo-limoneuse bien marquée par les concentrations gypseuses sous leurs formes les plus diverses.

Il est à remarquer qu'entre les années de 1985 à 1990 l'extension périphérique des périmètres irrigués a pris une ampleur inquiétante avec une utilisation anarchique des eaux souterraines contribuant ainsi à accumuler les eaux de drainage dans les parties basses des chotts, limitrophes aux oasis. C'est dans ce contexte que nous avons essayé d'appréhender la question des eaux excessives de drainage tout en tenant compte des données du milieu pour une utilisation adéquate et rationnelle en milieu aride.

* Etude entamée en 1989

Nouvelles de l'A.T.S.S.

1- Suite à une proposition de la part de l'A.T.S.S (Association Tunisienne de la Science du Sol) d'un programme d'excursion prévu dans le cadre du Congrès Mondial des Sols, Montpellier 1998, une réponse favorable a été reçue du Comité Scientifique du Congrès pour une tournées en Tunisie.

Coordinateur, Responsable de la Tournée

Amor MTIMET, Président de l'Association Tunisienne de la Science du Sol, Direction des Sols, 17, Rue Hédi Karray, 2080 ARIANA (TUNISIE).

Départ, prise en charge : 11 Août 1998 (soirée). Tunis.

Arrivée : 18 Août. Tunis.

Durée de la tournée : 7 jours, 8 nuits

Acheminement de Tunis à Montpellier : journée du 19 Août 98. Coût de l'acheminement à préciser.

Itinéraire : Tunis, Kairouan, Kasserine, Tozeur, Douz, Gabès, Hammamet, Tunis.

Coût approximatif par participant (valeur 95) : 600 dollars pour 50 personnes, 650 dollars pour 30 personnes en chambre double.

La tournée présente des paysages, des sols et des aménagements bien typiques de la diversité des écosystèmes de la Tunisie, zone de transition climatique entre Méditerranée et Sahara . L'accent est mis, en particulier, sur le fonctionnement des sols des milieux arides et subarides et sur leur utilisation sous cultures conduites en sec et en irrigué avec des eaux chargées en sels. Seront ainsi abordés : la récupération des sols très salés et l'étude de leur comportement physico-hydrrique et géochimique; le fonctionnement et l'utilisation des sols à accumulation calcaire et gypseuse; les formes d'aménagement des sols de steppe ainsi que la lutte contre la désertification et la restauration des steppes dégradées. On insistera sur les particularités et l'originalité de fonctionnement de l'écosystème des oasis et sur la réhabilitation de la petite hydraulique et des systèmes de cultures traditionnels en arido-culture. Ces présentations seront aussi l'occasion de bien resituer le rôle des civilisations berbères, arabo-musulmanes, romaines et occidentales dans l'acquisition de l'identité tunisienne.

2- Le 6/07/95 Monsieur Chedly Laroussi Secrétaire d'état auprès du Ministre de l'Agriculture a reçu les membres du bureau directeur. L'entretien a porté sur les perspectives de l'activité de l'Association son rayonnement scientifique ainsi que les actions de sensibilisation programmées en vue de rapprocher les connaissances en matière de pédologie et de permettre aux agriculteurs de bénéficier de la compétence des pédologues . De même l'évolution dans la carrière de l'ingénieur-pédologue a été également évoquée.

Conférences, Séminaires:

- 12 ème journée du réseau EROSION - INRA - ORSTOM - Paris 13 - 14 - 15 Septembre 1995.
- Congrès National de la Science de la Terre, Tunis 19 - 24 Septembre 1995.
- Journée C R G R, Hammamet 4 - 5 Octobre 1995.
- Organisation d'une journée sur la sensibilisation et l'apport de la Science du Sol (A.T.S.S.) - 15 Novembre 1995
- Cours sur les sols gypseux, F.A.O, Damas, 26 Novembre - 1er Décembre 1995
- Conférence Internationale sur les produits SPOT - Paris - 15 - 18 Avril 1996.
- Etudes et Recherches sur l'Erosion Hydrique (contribution à l'intensification de la production et à la préservation des ressources naturelles), Direction des Sols, Kairouan 3 et 4 Mai 1995.
Ce séminaire avait pour thèmes:
 - *approches employées pour comprendre et quantifier l'érodibilité des terres;*
 - *mise au point et état des recherches menées en Tunisie;*
 - *définition des termes de partenariat entre les différentes institutions préoccupées par la dégradation des terres;*
 - *formulation de directives pour les actions futures et recherches d'alternatives pour mieux réussir l'aménagement des terres;*
 - *l'objectif est de valoriser la terre et le travail par une gestion conservatoire de l'eau et de la fertilité des sols selon une approche à la fois participative et adaptative des paysans;*

- على المدى المتوسط و البعيد :

- 1 - إقامة مواقع نموذجية للتهيئة المتعلقة بأشغال المحافظة على المياه و التربة
- 2 - وضع إستراتيجية للبحث و التنمية في ميدان الإنجراف (رصد الحالة الراهنة بوضع خرائط جديدة لتدهور الأراضي ذات مقاييس كبيرة تساعد على التدخل الدقيق في معالجة و وضع المنشآت المائية)
- 3 - العمل بنظرة إندماجية للواقع الريفي التونسي يتطلب منا معرفة الموارد النباتية (غابات و أحراش) و نسب التنظية لسطح التربة عن طريق الجرد في الأحواض الكبرى و الصغرى للأودية، مع التركيز على إستعمالات موارد التربة و الخيارات الزراعية لمختلف الأراضي في السهول
- 4 - التفكير في إمكانية إعادة التنظيم للهياكل المرتبطة بالبحث و الدراسة في مجال الإنجراف و المحافظة على الأراضي الزراعية البعلية.

وقد مكنت الندوة، بعد النقاش البناء خلال الحصوص العلمية و المائدة المستديرة، من التوصل إلى عديد التوصيات التي يمكن إنجازها و تطبيقها على المدى القريب أو البعيد من طرف كل المتدخلين في الفضاء الريفي (فنيين كانوا أم فلاحين).

- على المدى القريب :

- 1 - مراجعة و توحيد طرق البحث و الدراسة في ميدان الإنجراف على النطاق الوطني
- 2 - كيفية المحافظة على الرصيد الحالي للتربة الخصبة المتواجدة حاليا (حبوب، أشجار مثمرة، مناطق سقوية) حسب خاصياتها الفيزيائية و الإستعمالات الرشيدة للأراضي من طرف الفلاح عند أحواض الأودية في الأماكن الجبلية مرورا بالسفح ثم المنبسطات
- 3 - النظر في إمكانيات تحسين تقنيات المحافظة على المياه و التربة التي هي بصدد الإنجاز في مناطق الشمال الغربي و الوسط
- 4 - التفكير حالا في جمع المسطحات و التقنيات المتواجدة في ميدان الدراسات و المقاومة لتدهور الأراضي من جراء مياه السيالان و ربطها بالمطومات المتوفرة التي تخص إستيعاب التربة للمياه و تأقلمها مع النظم البيئية للمناطق الجغرافية التونسية من طرف فريق عمل تابع للمؤسسات المتدخلة
- 5 - بعث هيكل قار متعدد الاختصاصات لمتابعة و تقييم أشغال المحافظة على المياه و التربة و خاصة التي تتعلق بالبحيرات الجبلية (كيفية التقييم، مؤشرات التقييم...)
- 6 - في ما يتعلق بتشريك الفلاحين في أشغال المحافظة على المياه و التربة، فإنه يوصى بما يلي :
 - + متابعة و تقييم شروط النجاح لهاته المنهجية
 - + تنمية روح التعاون و المسؤولية الجماعية لدى المشاركين (الإدارة و الفلاحون)
 - + وضع إجراءات الإتفاق التي تمكن من تشريك مختلف المتدخلين في الفضاء الريفي
- 7 - إستعمال الطرق العامة و المتعددة الاختصاصات للبحث و خاصة في علم التربة (بيدولوجيا) و الدراسة في ميدان الإنجراف و الحد من السيالان (على غرار مشاريع التنمية الريفية المندمجة المتواجدة في معظم مناطق الجمهورية و التي نذكر منها : جنوب الكاف، سيدي مهنذب، هلال القيروان و غربي سليانة)
- 8 - دعم الإمكانيات البشرية و المادية لمؤسسات الدراسة و البحث في ميدان الإنجراف و تطور الرطوبة بالأراضي الفلاحية (أراضي الحبوب، أراضي الزيتين و المراعي) و استصلاح ما تدهور منها

ندوة "الدراسات و البحوث حول الإنجراف"

(القيروان 3 و 4 ماي 1995)

التوصيات

نظمت إدارة التربة يومي 3 و 4 ماي 1995 ندوة بالقيروان حول الإنجراف، وذلك بالتعاون مع المندوبية الجهوية للتنمية الفلاحية بالقيروان و الجمعية التونسية لعلم التربة، و المعهد الفرنسي للبحث العلمي و التقني من أجل التنمية و جمعية حماية البيئة و الطبيعة بالقيروان.

بلغ عدد المشاركين حوالي مائة و ثلاثون، ينتمون إضافة إلى الهياكل المنظمة للندوة، إلى المؤسسات التالية التابعة لوزارة الفلاحة و وزارة الدفاع و وزارة التعليم العالي :

- إدارة المحافظة على المياه و التربة
- الإدارة العامة للموارد المائية
- الإدارة العامة للأشغال المائية الكبرى
- المعهد القومي للعلوم الفلاحية
- المعهد القومي للبحوث الفلاحية
- مركز البحوث في الهندسة الريفية
- المركز القومي للإستشعار عن بعد
- كلية العلوم بتونس
- المندوبيات الجهوية للتنمية الفلاحية لسليانة، قابس، بن عروس، أريانة، بنزرت، سوسة، جندوبة، القصرين، صفاقس، المهدية، سيدي بوزيد، قفصة، المنستير، مدنين و الكاف.

أما المواضيع التي وقع التطرق إليها من خلال المداخلات (18 محاضرة علمية) و المناقشات فهي الآتية :

- 1 - طرق الإنجراف : تقدير الإنجراف و التجارب
- 2 - ظواهر الإنجراف : تقدير المخاطر و تأثير الإنجراف على المحيط
- 3 - التصرف و أشغال مقاومة الإنجراف : الجانب الإجتماعي و الإقتصادي و انعكاساته على التنمية المستديمة
- 4 - البحوث و التنمية في ميدان التصرف و المحافظة على تدهور الأراضي.